UNIVERSITY OF HAWAII
LIBRARY
JA 23 '60

# KOLLOID ZEITSCHRIFT

ZEITSCHRIFT FÜR REINE UND ANGEWANDTE KOLLOIDWISSENSCHAFT
EINSCHLIESSLICH DER MAKROMOLEKULAREN SUBSTANZEN

Zur Zeit vereinigt mit den Kolloid-Beiheften. Organ f. d. Veröffentlichungen der Kolloid-Gesellschaft

Herausgegeben von

**F. HORST MÜLLER**
MARBURG/LAHN

**JOACHIM STAUFF**
FRANKFURT/MAIN

Referatenteil: **E. ÜHLEIN**, Frankfurt a. M. · Patentteil: **J. REITSTÖTTER**, München

Band 167 | Dezember 1959 | Heft 2

INHALT

**Originalarbeiten**

*Aus den Farbenfabriken Bayer AG, Leverkusen*

*Sommer, Werner*, Elastisches Verhalten von Polyvinylchlorid bei statischer und dynamischer Beanspruchung (mit 39 Abbildungen) . . . . . 97

*Aus den Kunstfaserwerken Gorzów Wlkp. (Polen)*

*Ziabicki, Andrzej*, Über die mesomorphe $\beta$-Form von Polycapronamid und ihre Umwandlung in die kristalline Form $\alpha$ (mit 20 Abbildungen und 2 Tabellen) . . . . . 132

*From the Chemical Laboratory, Ochanomizu University, Bunkyo-ku, Tokyo (Japan)*

*Tachibana, Taro, Kiyoshi Inokuchi and Teiko Inokuchi*, The Gelation of High Polymers at the Air-Water Interface (with 2 figures and 2 tables) . . . . . 141

**Wissenschaftliche Kurzberichte**

*Aus dem Institut für Organische Chemie der Freien Universität Berlin*

*Lautsch, W.*, Der Mechanismus der Elektronenleitung in Peptidketten . . . . . 144

*From the Royal Institute of Technologie, Stockholm (Sweden)*

*Faxén, Hilding*, About T. Bohlin's Paper: On the Drag on Rigid Spheres, Moving in a Viscous Liquid Inside Cylindrical Tubes . . . . . 146

**Buchbesprechungen** . . . . . 147

**Zur Besprechung eingegangene Bücher** . . . . . 150

**Referate** . . . . . 150

**Berichtigung** zu: *Lautsch, W.*, Über den Mechanismus der biochemischen und chemischen Peptid-Synthese . . . . . 159

**Autorenregister zu Band 165—167** . . . . . 160

**Sachregister zu Band 165—167** . . . . . 179

DR. DIETRICH STEINKOPFF VERLAG · DARMSTADT

Mit 61 Abbildungen in 68 Einzeldarstellungen und 4 Tabellen

Postverlagsort: Darmstadt

*Jahresbilanz 1958/1959:*

# STEINKOPFF-Zeitschriften gehen in alle Welt!

In welch starkem Maße unsere wissenschaftlichen Zeitschriften in den letzten beiden Jahren ihre internationale Bedeutung zurückgewonnen haben, geht aus folgenden Ziffern hervor:

| Zeitschrift | Anteil ausländischer Beiträge 1958/1959 | Exportanteil an der Versandauflage |
|---|---|---|
| Kolloid-Zeitschrift | 48% (aus 19 Ländern) | 67% (in 38 Länder) |
| Rheologica Acta | 61% (aus 12 Ländern) | 49% (in 20 Länder) |
| Zeitschrift für Rheumaforschung | 52% (aus 12 Ländern) | 44% (in 20 Länder) |
| Zeitschrift für Kreislaufforschung | 25% (aus 11 Ländern) | 38% (in 37 Länder) |
| Archiv für Kreislaufforschung | 25% (aus 6 Ländern) | 36% (in 20 Länder) |

Aus diesen Zahlen geht deutlich die Wechselwirkung zwischen Export und Gewinnung ausländischer Mitarbeiter in zahlreichen Ländern hervor. Sie zeigen aber auch beispielhaft, welche wichtige Rolle der deutschen wissenschaftlichen Zeitschrift sowohl als Exportträger, als auch als Instrument internationaler wissenschaftlicher Zusammenarbeit zukommt. Der Verlag hofft, daß es auch im Jahre 1960 gelingt, diese breite internationale Basis zu halten und auszubauen.

**DR. DIETRICH STEINKOPFF VERLAG · DARMSTADT**

KOLLOID-ZEITSCHRIFT

zur Zeit vereinigt mit den Kolloid-Beiheften

Band 167 | Dezember 1959 | Heft 2

# Elastisches Verhalten von Polyvinylchlorid bei statischer und dynamischer Beanspruchung*)

*Von Werner Sommer***)*

*Mit 39 Abbildungen*

(Eingegangen am 28. Februar 1959)

## 1. Elastisches Verhalten von Hochpolymeren

### *1.1 Problemstellung*

In der vorliegenden Arbeit wird das mechanische Relaxationsverhalten von weichmacherfreiem Polyvinylchlorid in festem und quasifestem Zustand bei statischer und bei dynamischer Beanspruchung untersucht. Die Deformationen des Stoffes bleiben innerhalb des linearen (*Hooke*schen) Bereiches. Die Beanspruchungsdauer bei statischer Beanspruchung der Prüflinge ist mit der Periodendauer bei dynamischer Beanspruchung vergleichbar. Die Untersuchungen erstrecken sich über einen großen Relaxationszeitenbereich und ermöglichen es, die Relaxationseigenschaften des untersuchten Stoffes recht weitgehend zu erfassen.

Das mechanische Verhalten der Festkörper wird durch die elastischen Moduln charakterisiert. Eine wesentliche Bedeutung hat dabei der Dehnungsmodul, der auch einfach als Elastizitätsmodul bezeichnet wird. Er ist ein Maß für den Widerstand, den ein Körper einer Längenänderung, die durch eine einseitige Zug- oder Druckbeanspruchung erzielt wird, entgegensetzt. Bei sogenannter statischer Beanspruchung eines Stoffes ist der Elastizitätsmodul eine reelle Größe; bei dynamischer Beanspruchung werden die Verluste im Stoffinnern berücksichtigt, der Elastizitätsmodul wird als komplexe Größe angegeben.

Während bei den meisten Metallen der Elastizitätsmodul zeitlich nahezu konstant ist, ändert er sich bei Hochpolymeren infolge der molekularen Relaxationen recht stark mit der Beanspruchungszeit bzw. mit der beanspruchenden Frequenz (1, 21, 48, 49, 50, 85). Die zeitliche Änderung des Elastizitätsmoduls bei statischer Beanspruchung (Spannungsrelaxation) wird einfach als Relaxation des Elastizitätsmoduls bezeichnet (83). Als Dispersion bezeichnet man die Änderung des Moduls, die in Abhängigkeit von der Frequenz bei dynamischer, sinusförmig periodischer Beanspruchung des Stoffes auftritt (83, 60).

Die Messung des Dispersionsverhaltens im Tonfrequenzgebiet wurde bereits für viele Stoffe durchgeführt. Im Bereich tieferer Frequenzen, etwa unterhalb 1 Hz, sind Dispersionsmessungen jedoch sehr zeitraubend. Man ersetzt sie darum bei dieser langzeitigen Beanspruchung gern durch Spannungsrelaxationsmessungen. Die statischen Werte lassen sich dann über bekannte Umrechnungsformeln, welche die lineare Superponierbarkeit der im Stoff stattfindenden Einzelvorgänge voraussetzen (30, 31, 36, 37, 38, 39, 47, 76), in die dynamischen Werte des Langzeitbereiches umrechnen.

Durch Vergleich der experimentell ermittelten statischen und dynamischen Werte soll überprüft werden, wieweit für den untersuchten Stoff die experimentell gefundenen Beziehungen zwischen beiden Beanspruchungsarten mit den theoretisch vorausgesagten übereinstimmen, d. h. ob eine solche Umrechnung der Relaxationswerte in die Dispersionswerte, wie die Theorie sie angibt, möglich ist.

### *1.2 Bisherige Messungen des Elastizitätsmoduls von Hochpolymeren*

Messungen in begrenzten Frequenz- und Temperaturbereichen bei statischer und dynamischer Beanspruchung der Stoffe haben schon weitgehenden Aufschluß über das Verhalten der Hochpolymeren gegeben (4, 21, 41, 57, 58, 59, 85, 92, 93, 94). Es hat sich aber gezeigt, daß die Stoffeigenschaften über große Zeit- und Frequenzintervalle untersucht werden müssen, wenn man tiefere Einblicke in das Verhalten der molekularen Mechanismen gewinnen will.

Um die Schwierigkeiten zu umgehen, die sich bei solchen Messungen ergeben, versucht man, aus relativ kurzen, sich über höchstens zwei bis drei Dekaden erstreckenden, Kurvenstücken, die bei verschiedenen Temperaturen gemessen werden, mit Hilfe der sogenannten „Methode der reduzierten Variablen" eine einzige Kurve zu konstruieren (master-curve), die sich bei nur einer Temperatur, auf die alle anderen Werte bezogen werden, über einen großen Frequenz- oder Zeitbereich erstreckt (15, 23, 58, 59, 83, 90, 92, 93). Trotz gewisser Korrekturen, die dabei berücksichtigt

*) Bearbeitet in der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, PTB, Braunschweig; als Dissertation von der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Hochschule Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig angenommen.

**) Seit Beginn 1959 in der Kunststoffprüfstelle der Farbenfabriken Bayer AG, Leverkusen.

werden, sind die bei verschiedenen Temperaturen gemessenen Kurvenstücke nicht immer zur Deckung zu bringen, und Überlegungen über die Vorgänge beim Platzwechsel der Moleküle haben gezeigt, daß die Reduzierbarkeit auch gar nicht von vornherein für alle Stoffe erwartet werden darf (41).

Eine vollständige Übersicht über die Relaxations- und Dispersionsgebiete eines Stoffes ergibt sich daher nur aus Messungen in größeren Zeit- und Frequenzbereichen.

Einer Erweiterung des Zeitbereiches bei Messungen der Spannungsrelaxation ist durch die endliche, zur Dehnung der Prüflinge nötige Zeit eine untere Grenze ($t \geq 0{,}1$ s) gesetzt. Die obere Grenze ist durch die beschränkte Zeitdauer, die für eine Messung zur Verfügung steht, gegeben. Bisher vorliegende Messungen des statischen Elastizitätsmoduls an verschiedenen Hochpolymeren in passend gewählten Temperaturbereichen erstrecken sich von etwa 10 Sekunden Belastungszeit bis etwa $5 \cdot 10^4$ Sekunden (27, 67, 68, 92, 93). Messungen des dynamischen Elastizitätsmoduls an verschiedenen Stoffen und nach verschiedenen Methoden liegen im Frequenzbereich von 1 Hz bis $4 \cdot 10^4$ Hz vor, wobei auch hier die Temperatur jeweils passend gewählt wurde (4, 5, 6, 41, 69, 96). Einige neuere Messungen, die bis zur Frequenz $10^{-4}$ Hz hinabreichen, wurden lediglich bei Raumtemperatur oder im eingefrorenen Bereich und als Retardationsmessungen bei Biegebeanspruchung der Prüflinge durchgeführt (42, 53). Messungen bei Frequenzen oberhalb des Tonfrequenzbereiches führen dagegen zur Bestimmung des Longitudinalwellenmoduls.

### *1.3 Die Untersuchungen dieser Arbeit*

Eine Aufgabe dieser Arbeit war es daher, an irgendeinem hochpolymeren Stoff den Bereich der Messungen zu tiefen Frequenzen hin zu erweitern und somit Meßkurven zu erhalten, die sich über größere Zeit- und Frequenzbereiche erstrecken. Angeknüpft wird dabei im wesentlichen an eine im Jahre 1955 erschienene Arbeit von *G. W. Becker* (4).

Die Untersuchungen wurden an nicht weichgemachtem Polyvinylchlorid (PVC) durchgeführt. Neu erfaßt wurde gegenüber den älteren Messungen (4) der Frequenzbereich von $10^{-5}$ Hz bis 1 Hz. Zusammen mit den Werten, die nach der von *G. W. Becker* angegebenen Methode neu bestimmt wurden, liegen damit tatsächlich gemessene Werte des dynamischen Elastizitätsmoduls über neun Zehnerpotenzen der Frequenz vor.

Auf Grund dieser Werte konnte zunächst überprüft werden, wieweit es statthaft ist, für das untersuchte Polyvinylchlorid reduzierte Zeit-Temperatur-Kurven (master-curves) aufzustellen.

Der direkte Vergleich der bei tiefen Frequenzen gemessenen dynamischen Werte mit den bei statischer Beanspruchung bestimmten Werten des Elastizitätsmoduls gestattet, für den untersuchten Stoff die von der linearen skalaren Theorie der Viskoelastizität geforderten Zusammenhänge zwischen dem statischen und dem dynamischen Elastizitätsmodul zu kontrollieren. Der Meßbereich der statischen Messungen erstreckt sich über sechs Zehnerpotenzen der Zeit ($10^{-1}$ bis $10^5$ s) und über den gleichen Temperaturbereich wie bei den dynamischen Messungen, d. h. von 20 bis 120 °C etwa.

Von wesentlichem Interesse ist das Verhalten des Stoffes im Bereich seiner Einfriertemperatur, in dem Energie- und Entropieelastizität gemischt auftreten, die Relaxationszeiten lang sind und demgemäß das Dispersionsgebiet vor allem bei Frequenzen unterhalb 1 Hz liegt. Mit Hilfe der Aktivierungsgrößen wurde versucht, Aussagen über dieses Gebiet zu gewinnen.

Zusätzlich ergaben sich bei den Untersuchungen Hinweise auf die Abhängigkeit des Stoffes von seiner thermischen und mechanischen Vorgeschichte.

## 2. Meßmethoden

### *2.1 Das Meßprinzip für die statischen und dynamischen Messungen*

Für die Untersuchungen wurden zwei Meßapparaturen entwickelt. Es sind ein Meßverfahren zur Bestimmung des statischen Elastizitätsmoduls mittels des Spannungsrelaxationsversuches und ein Meßverfahren zur Ermittlung des dynamischen Elastizitätsmoduls bei sinusförmig periodischer Dehnung der Prüflinge. Mit beiden Apparaturen können Messungen in vergleichbaren Zeit- und Frequenzbereichen und bei kleinen und großen Prüflingsdeformationen durchgeführt werden.

Die Probekörper werden bei beiden Verfahren auf Dehnung beansprucht. Eine Dehnbeanspruchung kann grundsätzlich durch Dehnung eines stabförmigen Prüflings in Längsrichtung oder durch eine Biegebeanspruchung erzielt werden. Hier wurde die reine Dehnbeanspruchung des Stabes in Längsrichtung gewählt. Es ergeben sich dabei übersichtlichere Beanspruchungsverhältnisse als bei der Biegung. Die molekularen Mechanismen im Querschnitt des Prüflings werden nach statistischer Wahrscheinlichkeit gleichmäßig beansprucht. Bei der Biegung dagegen treten Zug- und Druckbeanspruchungen gleichzeitig auf, wobei es schwer ist, festzustellen, ob die Beanspruchungen in den Randfasern noch linear sind. Außerdem besteht bei der Dehnbeanspruchung in Längsrichtung des Stabes die Möglichkeit, auch sehr weiche Stoffe bei größeren Dehnungen noch messen zu können, denn es wurde angestrebt, die Apparaturen möglichst für Hochpolymere in allen thermodynamischen Zustandsbereichen benutzen zu können.

Beim Spannungsrelaxationsversuch wird der stabförmige Prüfling mit der Länge $l$ und dem Querschnitt $F$ um den Betrag $\Delta l$ gedehnt. Die dazu nötige Kraft

sei $K$. Nach dem *Hooke*schen Gesetz ist dann der Elastizitätsmodul

$$E = \frac{K}{F}\,\frac{l}{\Delta l} \quad \text{oder} \quad E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$\sigma = \frac{K}{F} \quad \text{und} \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l}\,. \qquad [1]$$

Bei periodisch sinusförmigen Dehnungen kann man unter der Voraussetzung, daß die Prüflingsabmessungen klein gegen die Dehnwellenlänge sind, die Prüflinge als reine Federn betrachten. Der Elastizitätsmodul wird

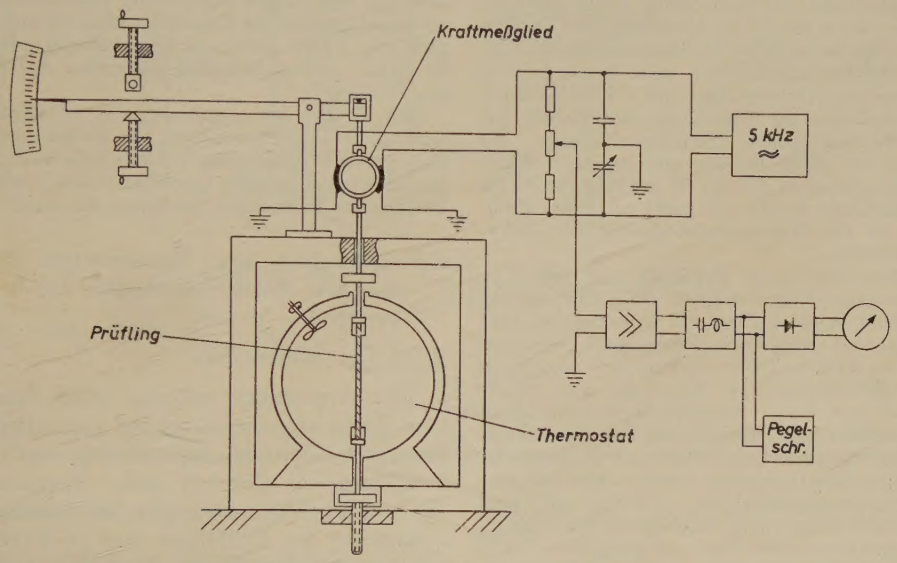



Abb. 1. Schema der Spannungsrelaxometer-Anordnung. Temperaturbereich: Raumtemperatur bis etwa 200 °C

dann in gleicher Art wie bei der statischen Dehnbeanspruchung aus der Spannung $\sigma$ und der Dehnung $\varepsilon$ bestimmt. $\sigma$ und $\varepsilon$ sind nun jedoch Größen, die sich sinusförmig mit der Frequenz $f$ ändern. Die konstante Dehnungsamplitude sei $\bar{\varepsilon}$. Die Dehnung, die dem Prüfling aufgezwungen wird, ist dann:

$$\varepsilon = \bar{\varepsilon}\, e^{j\omega t}\,. \qquad [2]$$

Infolge der inneren Dämpfung des Stoffes ist die mechanische Spannung, die sich einstellt, um den Phasenwinkel $\delta$ gegenüber der Dehnung verschoben:

$$\sigma = \bar{\sigma}\, e^{j(\omega t + \delta)}\,. \qquad [3]$$

Aus Energiegründen eilt die Spannung der Dehnung voraus. Der Phasenwinkel $\delta$ tritt auf, sobald der Vorgang eingeschwungen ist. Der dynamische Elastizitätsmodul $E^*$ ergibt sich als komplexe Größe zu

$$E^* = \frac{\bar{\sigma} \cdot e^{j(\omega t + \delta)}}{\bar{\varepsilon} \cdot e^{j\omega t}} \qquad [4]$$

oder

$$E^* = \frac{\bar{\sigma}}{\bar{\varepsilon}}\, e^{j\delta}\,. \qquad [5]$$

Dafür kann man schreiben:

$$E^* = \frac{\bar{\sigma}}{\bar{\varepsilon}} \cos\delta + j\,\frac{\bar{\sigma}}{\bar{\varepsilon}} \sin\delta\,. \qquad [6]$$

Mit dem Absolutwert

$$|E^*| = \frac{\bar{\sigma}}{\bar{\varepsilon}} \qquad [7]$$

des komplexen Moduls, dem Realteil

$$E' = |E^*| \cos\delta\,, \qquad [8]$$

dem Imaginärteil

$$E'' = |E^*| \sin\delta \qquad [9]$$

und dem Verlustfaktor

$$\eta = \operatorname{tg}\delta = \frac{E''}{E'} \qquad [10]$$

wird

$$E^* = E' + j\,E'' = E'(1 + j\,\eta)\,. \qquad [11]$$

## *2.2 Apparatur zur Bestimmung des statischen Elastizitätsmoduls*

### *2.2.1 Aufbau des Spannungsrelaxometers*

Das Prinzip des Spannungsrelaxometers zur Bestimmung des zeitabhängigen Elastizitätsmoduls bei konstanter Prüflingsdehnung zeigt Abb. 1.

Der vertikal angeordnete Prüfling wird an beiden Enden in Klemmbacken eingespannt. Kraftschlüssig in Reihe mit dem Prüfling befindet sich ein Dynamometer, das eine kontinuierliche Registrierung der Kräfte im Prüfling von wenigen Pond bis zu etwa 50 kp erlaubt. Die Anordnung der Probe in einem Thermostaten erlaubt, Messungen bei verschiedenen Temperaturen durchzuführen.

Der Thermostat steht in einem Rahmen aus kräftigen Profilträgern. Vom unteren Rahmenjoch ragt eine Säule in die Wärmekammer hinein. Ein Zwischenstück aus Kunststoff dient zur Wärmedämmung. Durch ein Handrad kann die Säule gehoben und gesenkt werden. Auf der Säule ist die untere Prüflingshalterung befestigt. Die obere Prüflingshalterung hängt an einem von oben in den Schrank geführten Stab. Oberhalb der Schranköffnung ist der Stab durch einen Stahlzylinder beschwert, um ein zu starkes Pendeln des Stabes zu verhindern. In den oberen Teil des Stabes ist das Dynamometer eingeschaltet. Das gesamte Gehänge ist am kurzen Ende eines Hebels in Schneiden gelagert. Durch Umlegen des Hebels kann der festeingespannte Prüfling gedehnt werden. Der Hebeldrehpunkt ist mit dem Ober-

joch des Rahmens fest verbunden. Ein Zeiger am langen Hebelende zeigt auf einer Skala den Dehnweg des Prüflings einschließlich der Dehnung des Kraftmessers an. Ein Meßmikroskop mit Mikrometerschraube erlaubt eine genaue Dehnungsbestimmung an einer Meßmarke unterhalb des Kraftmeßgliedes.

Als Kraftmeßglied zur Bestimmung der im Prüfling herrschenden mechanischen Spannung wird ein diametral aufgehängter zylindrischer Stahlring mit zwei aufgeklebten Dehnungsmeßstreifen (DMS) oder mit eingebautem induktiven Wegaufnehmer benutzt. Bei Belastung wird der Ring deformiert und damit der Ohmsche Widerstand der Meßstreifen verändert bzw. ein Eisenkern, der in die beiden hintereinander geschalteten Spulen des induktiven Systems eintaucht, verlagert. Die Dehnungsmeßstreifen oder der induktive Wegaufnehmer sind Glieder einer mit 5 kHz-Wechselspannung gespeisten, im Trägerfrequenzverfahren arbeitenden *Wheatstone*schen Brückenschaltung. Die Verstimmung der zuvor bei der mechanischen Spannung Null abgeglichenen Brücke ist ein Maß für die im Prüfling herrschende Kraft. Bei nicht zu großer Ringdeformation ist die Widerstandsänderung der Deformation proportional.

Die Schaltanordnung ist gleichfalls aus Abb. 1 zu ersehen. Die amplitudenmodulierte Diagonalspannung der Brücke wird verstärkt, gesiebt, phasenempfindlich gleichgerichtet und einem Anzeigeinstrument zugeführt. Gleichzeitig wird der zeitliche Verlauf der verstärkten aber nicht gleichgerichteten Spannung von einem Pegelschreiber mit hoher Schreibstiftgeschwindigkeit und einer in weitem Bereich regelbaren Papiervorschubgeschwindigkeit aufgezeichnet. Durch ein lineares oder logarithmisches Eingangspotentiometer läßt sich das maximale Spannungsverhältnis, welches auf dem Registrierstreifen unter voller Ausnutzung der Schreibbreite aufgezeichnet werden kann, in geeigneter Weise einstellen. Es ist dadurch fast immer möglich, mit genügend großer Empfindlichkeit zu arbeiten.

### *2.2.2 Messung und Auswertung*

Die Gesamtanordnung wird vor der Messung mit Hilfe von Gewichten kalibriert. Bei Beginn der Messung wird der Prüfling zur Zeit $t = 0$ durch schnelles Umlegen des Hebels um einen vorgegebenen Betrag gedehnt. Die Dehnung wird anschließend konstant gehalten. Die Dauer der Deformationseinstellung, also die Zeit für das Umlegen des Hebels, beträgt bis zu 0,05 s. Die Spannung erreicht nach dieser Zeit ein Maximum und fällt dann gemäß der Relaxation des Prüflings monoton ab. Eine sichere Kraftmessung ist erst etwa ab 0,1 s möglich. Abb. 2 zeigt die Aufzeichnung eines solchen Spannungsverlaufes auf dem Pegelschreiber-Registrierstreifen. Die Längenänderung $\Delta l$ des Prüflings wird zu einer beliebigen Zeit $t_x$ nach Beginn der Messung am Meßmikroskop abgelesen. Wegen der Eigendehnung des Kraftmeßgliedes, die proportional der wirkenden Kraft ist, bleibt die Prüflingsdehnung nicht ganz konstant. Bei Nachlassen der Kraft verringert sich die Ringdeformation. Um den gleichen Betrag vergrößert sich die Dehnung der Prüflinge. Bei der Berechnung der Elastizitätsmoduln aus dem vom Pegelschreiber registrierten Kraftverlauf muß die Dehnung $\Delta l$ deshalb mit einer Korrektur $\Delta(\Delta l)$ versehen werden, die sich aus dem Kraftverlauf und der Eigendehnung des Ringes ergibt. Die Kraftmeßglieder sind so ausgelegt, daß die Korrektur klein ist gegenüber der Dehnung $\Delta l$ des Prüflings. Die überlagerte Retardation ist daher vernachlässigbar gegenüber der Relaxation des Prüflings.

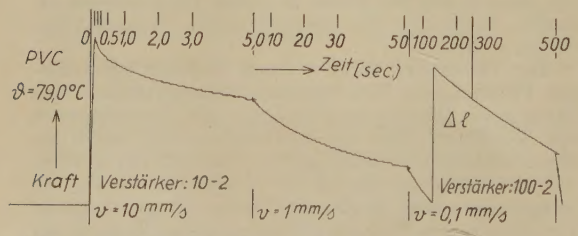



Abb. 2. Registrierstreifenaufzeichnung der Spannungsrelaxation $\sigma = f(t)$ bei konstanter Prüflingsdehnung $\varepsilon = \text{const}$. Die Vorschubgeschwindigkeit des Registrierstreifens wurde während der Aufzeichnung mehrfach geändert; Zeitmarken sind eingezeichnet. Ebenso erfuhr der Verstärkungsgrad der Registrieranordnung eine Änderung

Die Größe des zeitabhängigen Elastizitätsmoduls wird nach Gl. [1] berechnet. Die Belastungszeit ergibt sich aus der bekannten Vorschubgeschwindigkeit des Registrierstreifens. Der Querschnitt des Prüflings bleibt bei kleinen Dehnungen praktisch konstant[1]).

### *2.3 Apparatur zur Bestimmung des dynamischen Elastizitätsmoduls bei tiefen Frequenzen*

### *2.3.1 Der Meßaufbau*

Die Apparatur erlaubt eine Spannungs- und Dehnungsmessung bei periodisch sinusförmiger Dehnbeanspruchung stabförmiger Prüflinge im Bereich tiefer Frequenzen[2])[3]). Es können Zugmessungen bei statischer Vorspannung der Prüflinge und an kurzen Prüflingen auch Zug-Druck-Messungen ohne Vorspannung vorgenommen werden.

*Das Meßprinzip zeigt Abb. 3.*

Der stabförmige Prüfling wird wie bei der Apparatur zur Bestimmung des statischen Elastizitätsmoduls vertikal angeordnet und an beiden Enden zwischen Klemmbacken eingespannt. Die obere Prüflingshalterung ist starr mit dem fest angeordneten Kraftmeßglied verbunden. Die untere Prüflingshalterung sitzt an einer Schubstange, die sich senkrecht auf und ab bewegt. Die Schubstangenbewegung wird von einem Synchronmotor über eine Kurbelschleife erzeugt. Die Kurbelschleife setzt die Rotation in eine exakt sinusförmige Translationsbewegung der Schubstange um (zur Konstruktion vgl. (55)]. Dem Prüfling wird somit eine sinusförmige Dehnung aufgezwungen. Die Amplitude der Dehnung kann durch Verstellen einer Exzenterwelle, die ein Teil der Kurbelschleife ist, beliebig zwischen 0 und 52 mm variiert werden. Eine vorgegebene Amplitudengröße wird an der Noniusteilung zweier gegeneinander verdrehbarer Scheiben, die auf der horizontalen Antriebswelle sitzen, eingestellt. Die Frequenz, mit der der Prüfling beansprucht werden soll, wird an einem Schaltgetriebe eingestellt, welches zwi-

[1]) Bei größeren Dehnungen, wie sie in dieser Arbeit jedoch nicht betrachtet werden, müßte eine Umrechnung über die *Poisson*-Konstante erfolgen.

[2]) Die Apparatur wurde für Messungen in einem großen Kühlschrank entworfen. Dadurch ist ihr Aufbau in der vorliegenden Form weitgehend bedingt. Ihr bisheriger Einsatz erfolgte jedoch nur in Verbindung mit einem kleinen Heizschrank.

[3]) Über eine ähnliche Apparatur berichtet *A. R. Payne* (71).

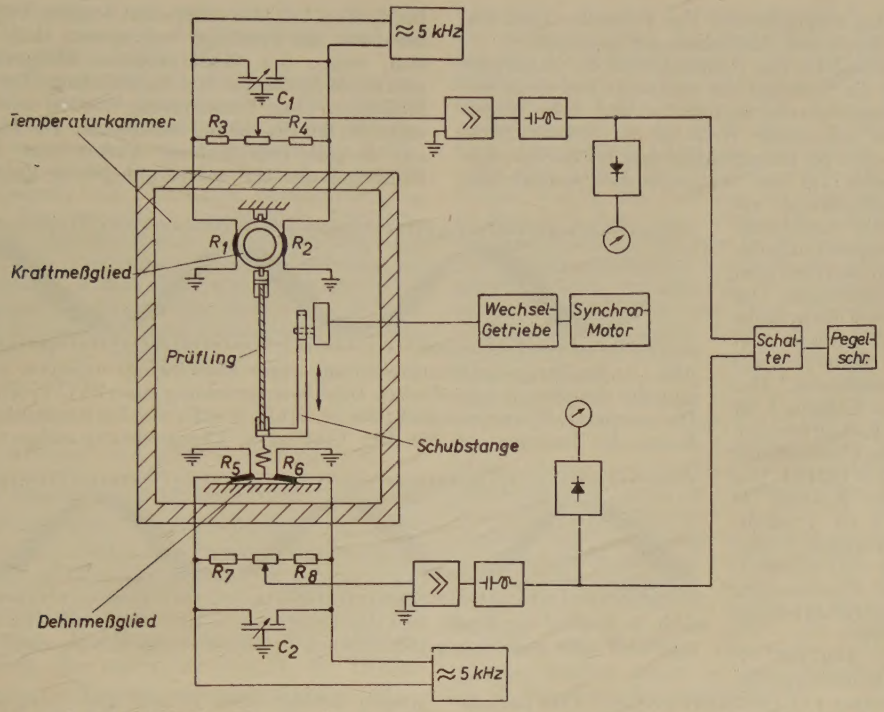



Abb. 3. Schema der Meßanordnung zur Bestimmung des komplexen dynamischen Elastizitätsmoduls. Frequenzbereich: $7{,}93 \cdot 10^{-6}$ bis $8^1/_3$ Hz. Temperaturbereich Raumtemperatur bis etwa 200 °C

schen dem Antriebsmotor und der Kurbelschleife angeordnet ist.

Das Kraftmeßglied zur Messung der im Prüfling herrschenden mechanischen Spannung ist wie bei der Apparatur für dynamische Messungen ein Stahlring, auf dem entweder zwei Dehnungsmeßstreifen aufgeklebt sind oder in den ein induktiver Wegaufnehmer eingebaut ist; Meßstreifen bzw. induktiver Wegaufnehmer sind Glieder einer *Wheatstone*schen Brückenschaltung. Die Verstimmung der bei der Kraft Null abgeglichenen Brücke ist ein Maß für die im Prüfling herrschende Kraft. Als Registriergerät für die verstärkte Diagonalspannung der Brücke dient der gleiche Pegelschreiber wie bei der Apparatur für statische Messungen. Der Kraftmeßring wird mit Hilfe von Gewichtsstücken kalibriert.

Um die Phasenverschiebung der sinusförmigen Kraftkurve gegen die sinusförmige Deformations- oder Wegkurve messen zu können, ist es nötig, außer der Kraft auch den dem Prüfling aufgezwungenen Weg zu registrieren. Dazu dient eine einseitig eingespannte Blattfeder mit auf beiden Seiten aufgeklebten Dehnungsmeßstreifen. Das freie Ende der Feder wird über eine Wippe, die als Über- oder Untersetzungsglied dient, von der Schubstange, die dem Prüfling seine Deformation aufzwingt, geführt. Wie beim Kraftmeßglied sind die beiden Dehnungsmeßstreifen auch hier Teile einer *Wheatstone*schen Brücke. Deren verstärkte Ausgangsspannung wird abwechselnd mit der Ausgangsspannung der Kraftmeßbrücke über einen selbsttätig rotierenden Schalter dem Pegelschreiber zugeführt. Bei geeigneter Einstellung der Schaltfrequenz werden auf dem Registrierstreifen zwei mehr oder weniger phasenverschobene Sinuskurven gezeichnet. Die vorauseilende Sinuskurve ist der Kraft, die nacheilende dem Weg zuzuordnen. Aus den Amplituden der Kraft- und der Dehnungskurve sowie aus dem Phasenwinkel $\delta$ läßt sich der Realteil des komplexen Elastizitätsmoduls nach Gl. [8] errechnen. Der Tangens des Phasenwinkels ergibt sich aus Gl. [10].

### *2.3.2 Der Aufbau der Apparatur und des Antriebes*

Die beweglichen Teile der eigentlichen Prüfmaschine sind in einem festen Rahmen eingebaut. Die rechte Säule des Rahmens trägt die Kurbelschleife und die Lager für die Schubstange. Die linke Säule trägt einen Support, auf den die Halterungen für den Kraftmeßring aufgebaut sind. Durch Verstellen des Supportes ist es möglich, Prüflinge verschiedener Länge einzuspannen und Temperaturdehnungen der Prüflinge

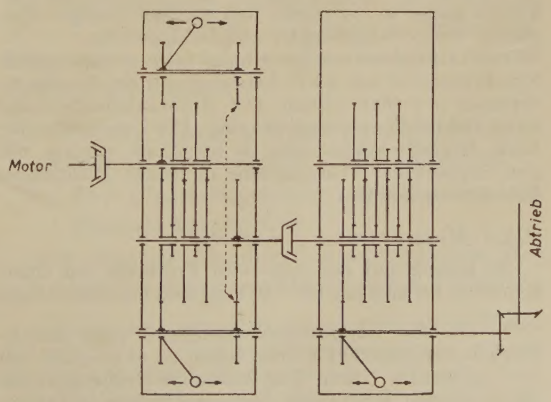



Abb. 4. Schaltgetriebe (Schema) Schaltbar in Stufen 4 : 1; maximale Untersetzung 2097152 : 1. Die äußeren Schaltwellen liegen bei der konstruktiven Ausführung über den jeweiligen mittleren Wellen

beim Aufheizen auszugleichen. Das Verstellen kann von Hand oder durch den Antriebsmotor geschehen[4]).

In der Dachplatte des Rahmens sind die Zahnräder gelagert, die die Rotation der senkrecht von oben eingeleiteten Antriebswelle aufnehmen und über Kegelräder an die horizontale Welle in der rechten Säule weitergehen oder bei Eingriffsänderung des Zuführungswellenstirnrades auf die Supportspindel weiterleiten.

Das Schaltgetriebe zur Erzeugung der verschiedenen Beanspruchungsfrequenzen ist in zwei Getriebekästen untergebracht. Das Getriebeschema der in Reihe geschalteten Stirnräder zeigt Abb. 4. Die Räder sind aus Ferrozell gearbeitet. Das Getriebe des Kastens I ist in Stufen 4 : 1 schaltbar. Seine maximale Untersetzung beträgt $4^5 : 1 = 1024 : 1$. Das Getriebe des Kastens II ist in Stufen 16 : 1 schaltbar. Seine maximale Untersetzung ist $2 \cdot 4^5 : 1 = 2048 : 1$. Die kleinste Untersetzung des Gesamtgetriebes beträgt 2 : 1, die größte $2 \cdot 4^{10} : 1 = 2097152 : 1$. Dazwischen können alle Stufen im Verhältnis 4 : 1 geschaltet werden. Unter Berücksichtigung der Motordrehzahl $n = 3000$ U/min und der Untersetzung 3 : 1 in der Prüfmaschine ergeben sich für die Apparatur folgende 11 Meßfrequenzen:

| | |
|---|---|
| $8^1/_3$ | Hz |
| 2,081 | Hz |
| $5{,}21 \cdot 10^{-1}$ | Hz |
| $1{,}301 \cdot 10^{-1}$ | Hz |
| $3{,}26 \cdot 10^{-2}$ | Hz |
| $8{,}14 \cdot 10^{-3}$ | Hz |
| $2{,}036 \cdot 10^{-3}$ | Hz |
| $5{,}09 \cdot 10^{-4}$ | Hz |
| $1{,}27 \cdot 10^{-4}$ | Hz |
| $3{,}18 \cdot 10^{-5}$ | Hz |
| $7{,}93 \cdot 10^{-6}$ | Hz |

Durch den Einbau eines weiteren Getriebes kann die Stufung noch verkleinert werden. Auch der Zwischenbau eines stufenlosen Getriebes ist möglich.

Die Schalthebel des Getriebekastens I sind elektrisch mit Hilfe eines Relaisschalters und mehrerer Druckknopfschalter so verriegelt, daß ein gleichzeitiges Eingreifen beider Schieberäder ausgeschlossen ist.

Der Antriebsmotor ist ein asynchron anlaufender Synchronmotor mit 3 kW Leistung und der Synchrondrehzahl $n = 3000$ U/min. Der Motoranlaßwiderstand kann elektrisch verriegelt werden. Ein Umschalter für beide Motordrehrichtungen ist installiert worden, um den Support der Prüfmaschine in beiden Richtungen bewegen zu können.

### *2.3.3 Messung und Auswertung*

Es können mit der Apparatur Prüfstäbe mit Querschnitten bis zu etwa $10 \times 10\,mm^2$ und mit einer Länge bis zu etwa 180 mm untersucht werden. Für Messungen, bei denen die Prüflinge vorgespannt sind, empfiehlt es sich, wegen der dabei größeren Meßgenauigkeit die maximale Meßlänge voll auszunutzen. Bei Zug-Druck-Messungen ohne Vorspannung würden solch lange Prüfstäbe bei der Stauchung ausknicken. Die Prüflinge müssen deshalb entsprechend kürzer sein. Die kleinste Prüflingslänge für vorspannungsfreie Zug-Druck-Messungen beträgt etwa 10 mm. Die Meßgenauigkeit ist entsprechend geringer. Die Kräfte, die bei Messungen mit dieser Apparatur entstehen, sollten etwa 40 kp nicht überschreiten.

Abb. 5. Registrierstreifenaufzeichnung eines Einschwingvorganges, wie er zu Beginn der sinusförmig periodischen Dehnbeanspruchung eines PVC-Prüflings auftritt. Die voreilende Kurve entspricht der im Prüfling auftretenden Kraft, die nacheilende Kurve der Deformation, die dem Prüfling in Längsrichtung aufgezwungen wird

Abb. 6. Verlauf der Kraft- und der Deformationskurve im eingeschwungenen Zustand bei einer sinusförmig periodischen Prüflingsbeanspruchung eines PVC-Stabes

Vor der Messung wird der Kraftmeßring kalibriert. Das geschieht bei der jeweiligen Meßtemperatur, um Fehler durch eine unkontrollierte Erwärmung des Ringes, der sich bei dieser Meßanordnung in der Thermokammer befindet, zu vermeiden. Ein dünner Stab wird dazu von unten senkrecht durch eine kleine Öffnung in die Thermokammer eingeführt, zwischen den Klemmbacken der unteren Prüflingshalterung hindurchgesteckt und anstelle des Prüflings am Kraftmeßring befestigt. Unterhalb des Thermostaten können die Eichgewichte an den Stab angehängt werden. Eine Berücksichtigung der Massen, die bei der nachfolgenden Messung den Ring zusätzlich belasten, ist nicht nötig, weil die Ringdehnung der Kraft direkt proportional ist und nur Kraftdifferenzen bei der Auswertung eine Rolle spielen.

Der Thermostat und die Prüfmaschine können nach der Kalibrierung zunächst abkühlen. An den Nonius-scheiben der Kurbelschleife wird die vorgegebene Dehnamplitude eingestellt. Der Prüfling wird in die obere Halterung eingehängt. Die *Wheatstone*-Brücke, die den Kraftverlauf registriert, wird auf Null abgeglichen. Der Prüfling kann dann auch am unteren Ende eingespannt werden. Der Thermostat wird wieder auf die Meßtemperatur aufgeheizt. Um der Wärmedehnung des Prüflings Rechnung zu tragen, wird der Support, der die obere Prüflingshalterung mit dem Kraftmeßring trägt, ständig so nachbewegt, daß im Prüfling immer die Kraft Null herrscht. Die Wärmedehnung wird bei der Gesamtlänge des Prüflings berücksichtigt.

Wenn sich das Temperaturgleichgewicht eingestellt hat, wird der Prüfling innerhalb des linearen Bereiches vorgedehnt. Das erste Abklingen der Spannung im Prüfling (statische Relaxation) wird abgewartet. Das Schaltergetriebe wird vom Support auf die Kurbelschleife umgekuppelt. Dann ist die Apparatur meßbereit.

Der Einschwingvorgang ist meist schon nach der ersten Beanspruchungsperiode abgeklungen. Der Ver-

[4]) Da die Supportgeschwindigkeit vom Schaltgetriebe her gesteuert werden kann, ist es möglich, mit der Apparatur auch Zug-Dehnungs-Messungen mit verschiedenen konstanten Dehnungsgeschwindigkeiten bei beliebigen Temperaturen vorzunehmen. Dies ist eine weitere Prüfmethode, die zu Aussagen über das mechanische Verhalten der Hochpolymeren führen kann.

lauf des Einschwingens ist aus Abb. 5 zu ersehen; sowohl der Kraft- als auch der Wegverlauf sind auf dem Registrierstreifen aufgezeichnet.

Zur Auswertung werden nur die Messungen im eingeschwungenen Zustand herangezogen. Ein Beispiel dafür zeigt Abb. 6. Die Periodendauer $T$ der Schwingung, die Phasenverschiebung $\delta$ zwischen der Kraft- und der Wegkurve und die Kraftamplitude $K$ werden aus dem Diagramm ermittelt. Unter Berücksichtigung der an den Noniusscheiben eingestellten Prüflingsdehnung, der Ringkorrektur (Eigendehnung des Ringes) und des Prüflingsquerschnittes werden die Prüflingsspannung $\bar{\sigma}$ und die Dehnung $\bar{\varepsilon}$, beide als Amplitudenwerte, bestimmt. Der Realteil $E'$ und der Imaginärteil $E''$ des Elastizitätsmoduls sind dann aus Gl. [7], [8] und [9] zu berechnen.

## 3. Meßergebnisse

### *3.1 Die Prüflinge und ihre Vorbehandlung*

Mit den beschriebenen Meßverfahren wurden die elastischen Eigenschaften von unfraktioniertem, nicht weichgemachtem Polyvinylchlorid (PVC) untersucht. Ergänzt werden die Messungen durch Untersuchungen bei schwingender Beanspruchung im Tonfrequenzbereich, die nach der von *G. W. Becker* beschriebenen Biegeresonanzmethode (4) durchgeführt wurden.

Polyvinylchlorid (PVC) ist ein hochpolymerer, thermoplastischer Werkstoff mit unverzweigten, unvernetzten, linearen Fadenmolekülen[5] [6]. Der mittlere Polymerisationsgrad des verwendeten Materials liegt bei 560, das Molekulargewicht der monomeren Einheit ist 62,5 und das mittlere Molekulargewicht einer makromolekularen Kette somit 35000, wobei jedoch eine große Streuung in der Fadenlänge der Moleküle vorliegt. Die mittlere Länge der monomeren Einheit beträgt etwa 2,52 Å, der Abstand zwischen benachbarten Ketten 4–5 Å. Die C-Atome der Polymerketten sind in Zick-Zack-Form angeordnet. Die Bindungsenergien der Hauptvalenzen betragen 60–80 kcal/mol (4, 70, 84). Als zwischenmolekulare Kräfte spielen neben den Dispersionskräften vor allem die Orientierungskräfte zwischen Dipolmolekülen eine Rolle. Dabei kommt dem Cl-Atom eine besondere Bedeutung zu (49, 99). Seine Anordnung im Molekül ist aus der Strukturformel einer monomeren Einheit $CH_2$—$CHCl$ ersichtlich. Die Dipolbindungsenergie beträgt etwa 10 kcal/mol (54). Nach *Würstlin* können die starken C—Cl-Dipole zu Assoziaten von Makromolekülen, also nebenvalenten Vernetzungsstellen führen, welche einen Netzwerkaufbau des PVC verursachen, der auch nach Überschreiten der Einfriertemperatur teilweise noch wirksam ist, so daß PVC oberhalb der Einfriertemperatur nicht auseinanderfließt, sondern relativ starke Gummielastizität besitzt (99). Die Einfriertemperatur wurde zu $\vartheta_g = 74\,°C$ bestimmt (4). Die Dichte des Stoffes bei Raumtemperatur beträgt etwa $\varrho_{20} = 1{,}408$ g/cm³. Das Plattenmaterial, aus dem die Prüflinge hergestellt wurden, ist das gleiche, welches schon bei den Untersuchungen von *G. W. Becker* (4) benutzt wurde[7]).

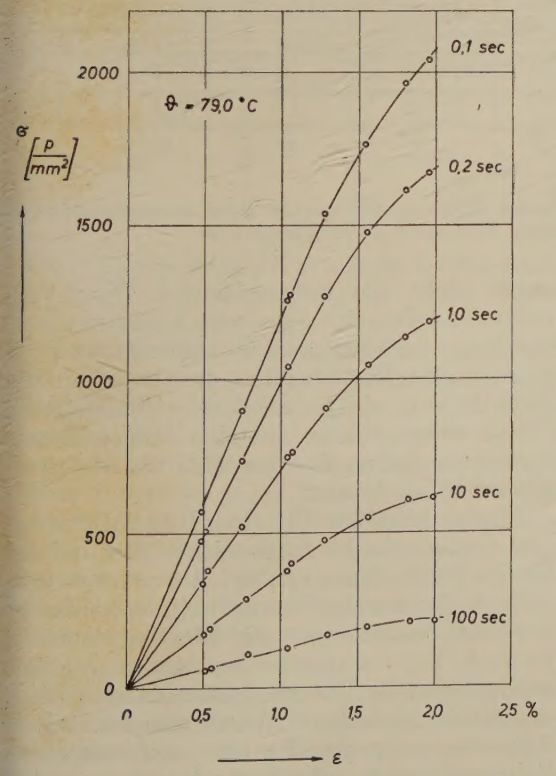



Abb. 7. Spannungs-Dehnungs-Diagramm $\sigma = f(\varepsilon)$ von Polyvinylchlorid bei $\vartheta = 79{,}0\,°C$. Parameter ist die Beanspruchungszeit

Die Prüflinge wurden als Stäbe aus den ca. 2 und 5 mm dicken Platten herausgeschnitten. Der Prüflingsquerschnitt betrug etwa 16 bzw. 40 mm². Die Länge der nur auf Zug beanspruchten Prüflinge betrug etwa 250 mm, die Länge der Prüflinge, die auch eine Stauchung erfahren, war etwa 30 mm. Um innere Spannungen zu beseitigen und somit möglichst gleichmäßige und völlig isotrope Prüflinge zu erhalten, wurden die Prüflinge vor der Messung bei 90° C getempert (4).

Der Linearitätsbereich (*Hooke*) des Probenmaterials wurde mit der in Abschn. 2.2 beschriebenen Apparatur ermittelt. Für das Verhältnis zwischen Zugspannung $\sigma$ und Prüflingsdehnung $\varepsilon$ ergab sich dabei das in Abb. 7 dargestellte Spannungs-Dehnungs-Diagramm. Parameter der Kurven ist die Beanspruchungszeit.

### *3.2 Zeit- und Temperaturverhalten des statischen Elastizitätsmoduls von Polyvinylchlorid*

#### *3.2.1 Der Elastizitätsmodul als Funktion der Beanspruchungszeit*

Mit dem in Abschn. 2 beschriebenen Relaxometer wurde das zeitabhängige Verhalten

[5]) Reines PVC ist nicht oder nur schwach verzweigt. Je nach dem Herstellungsverfahren können Fremdgruppen (Aktivator, Emulgator) eingebaut sein (7).

[6]) PVC liegt gerade eben außerhalb bzw. an der Grenze des Bereiches der kristallisierfähigen Substanzen (78).

[7]) Es stellte sich allerdings bei den Messungen heraus, daß während einer mehrjährigen Lagerungszeit Stoffveränderungen eingetreten waren (s. Abschn. 6).

des statischen Elastizitätsmoduls $E_r(t)$ von Polyvinylchlorid bei konstanter Dehnung der Prüflinge ermittelt. Die aus den Messungen der Spannungsrelaxation bestimmten Kurven zeigt Abb. 8. Parameter der Kurvenschar ist die Temperatur.

Der zeitliche Verlauf des Moduls bzw. der Spannung ist während der Messung kontinuierlich registriert worden. Zur weiteren Auswertung wurden jedoch nur einzelne Punkte herausgegriffen und im Diagramm eingetragen. Temperaturabhängige Korrektionen der Prüflingsabmessungen sind bei der Auswertung berücksichtigt worden.

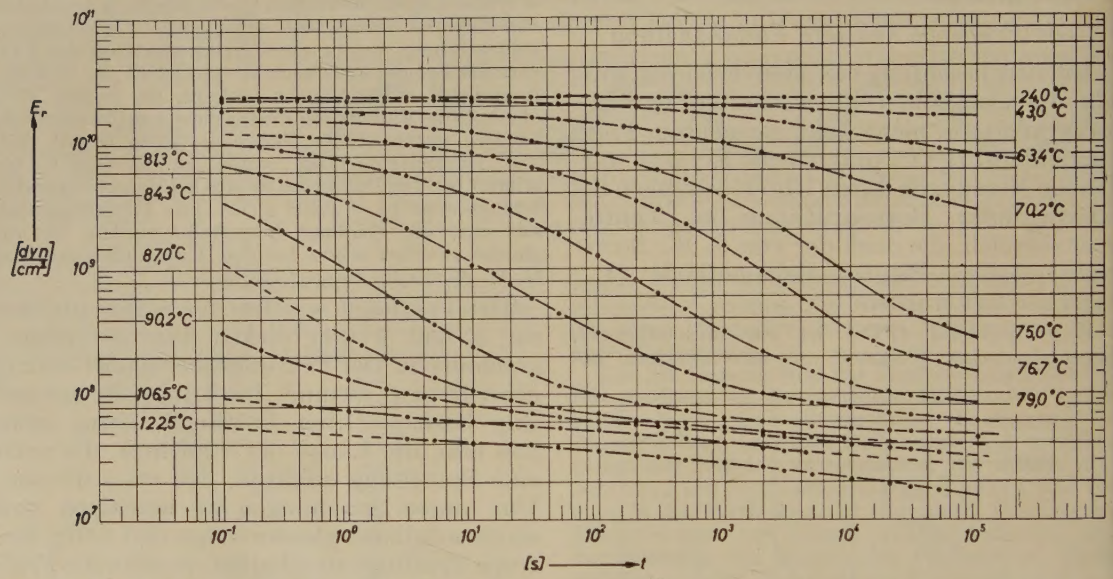



Abb. 8. Polyvinylchlorid (PVC). Statischer Elastizitätsmodul $E_r$ (ermittelt aus der Spannungsrelaxation) in Abhängigkeit von der Beanspruchungszeit. Parameter ist die Temperatur

Die Messungen erstrecken sich über einen Zeitbereich von $10^{-1}$ s bis $10^5$ s, also über etwa 6 Zehnerpotenzen. Die Meßtemperatur wurde im Bereich von 24,0° C bis 122,5° C variiert.

Die Kurven zeigen den gleichen Verlauf, wie er an anderen Stoffen bereits vielfach gemessen und diskutiert worden ist. Bei Temperaturen unterhalb der Einfriertemperatur hat der Modul hohe Werte ($E_r = 2{,}4 \cdot 10^{10}$ dyn/cm² bei 24° C) und ist fast zeitunabhängig. Mit zunehmender Temperatur sind die Kurven stärker geneigt. Im Bereich der Einfriertemperatur ist der Modul nach $10^4$ s bereits um mehr als eine Zehnerpotenz abgesunken (vgl. Meßkurve für 75° C). Bei Annäherung an den gummielastischen Bereich, in dem der Elastizitätsmodul niedrige Werte hat ($E_r \approx 6 \cdot 10^7$ dyn/cm²) wird der Kurvenverlauf wieder flacher. Die Mehrzahl der Relaxationsprozesse im Stoff ist abgeklungen. Bei Temperaturen oberhalb 90° C etwa liegt das Hauptrelaxationsgebiet bei so kurzen Zeiten, daß es durch statische Messungen schon gar nicht mehr erfaßbar ist. Die $E_r(t)$-Kurven bei diesen Temperaturen zeigen innerhalb des Meßbereiches nur weichelastisches Verhalten. Ihre Werte sind um mehr als das 250fache niedriger als die innerhalb des Meßbereiches liegenden Modulwerte bei 24° C. Die schwache Neigung der Kurven im gummielastischen Bereich ist auf plastisches Fließen zurückzuführen und würde wohl noch wesentlich früher und steiler einsetzen, wenn nicht die nebenvalenten Dipol-Vernetzungsstellen einen gewissen Zusammenhalt der langen Fadenmoleküle aufrechterhalten würden (99). Das Absinken des Moduls in den eigentlichen visko-elastischen Fließbereich hinein erkennt man bei den langen Beanspruchungszeiten der bei $\vartheta = 122{,}5°$ C aufgenommenen Kurve.

Charakteristisch für den Relaxationsverlauf vom harten bis zum weichen Zustand des Stoffes ist die Kurve $E_r(t)$ bei $\vartheta = 79{,}0°$ C in Abb. 8. Bei kurzen Beanspruchungszeiten ist der Stoff hartelastisch, der Elastizitätsmodul ist groß. Bei wachsender Beanspruchungszeit schließt sich der Übergangsbereich an, in dem der Modul auf kleine Werte absinkt. Dieses Absinken erstreckt sich über mehr als sechs Zehnerpotenzen der Zeit. Nach genügend langer Beanspruchung ist der Stoff weichelastisch. Sein Modul ist um etwa 2 Zehner-

potenzen niedriger als zu Beginn der Messung bei kurzzeitiger Beanspruchung und verläuft mit einer geringen, durch plastisches Fließen hervorgerufenen Neigung.

### *3.2.2 Der Elastizitätsmodul in Abhängigkeit von der Temperatur*

Als Funktion der Temperatur sind die Werte des statischen Elastizitätsmoduls $E_r\left(\frac{1}{\Theta}\right)$ in Abb. 9 dargestellt. Sie wurden aus der Kurvenschar der Abb. 8 gewonnen. Parameter ist die Beanspruchungszeit $t$. Auf der Abszisse ist $\frac{1}{\Theta}$, die reziproke absolute Temperatur, in negativer Richtung aufgetragen [s. hierzu (4, 60)]; zusätzlich ist die Temperatur in ° C angegeben.

scharf und beginnt schon wesentlich vor dem Erreichen der eigentlichen Einfriertemperatur von 74° C.

### *3.3 Frequenz- und Temperaturverhalten des dynamischen Elastizitätsmoduls von PVC*

### *3.3.1 Das Verhalten des Realteiles E' in Abhängigkeit von der Frequenz und der Temperatur*

Das Verhalten des dynamischen Elastizitätsmoduls $E^*(f)$ von Polyvinylchlorid sollte in einem möglichst breiten Frequenzbereich erfaßt werden. Daher wurden die Messungen nach zwei verschiedenen Verfahren durchgeführt. Die mit den beiden dynamischen Meßmethoden gewonnenen Ergebnisse werden in einem gemeinsamen Diagramm be-

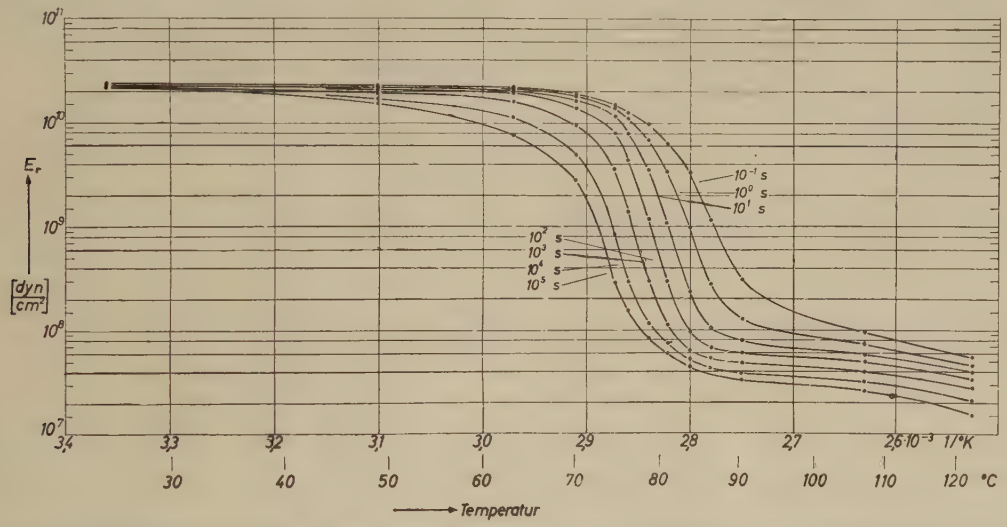



Abb. 9. Polyvinylchlorid (PVC). Statischer Elastizitätsmodul $E_r$ in Abhängigkeit von der Temperatur. Parameter ist die Beanspruchungszeit

Aus Abb. 9 wird deutlich, daß der Modul bei nicht zu langer Beanspruchungszeit bis in die Nähe der Einfriertemperatur hohe Werte behält. Nach einem mehr oder weniger scharfen Abknicken ändert sich dann sein Wert innerhalb eines Temperaturintervalles von 30° C um mehr als zwei Zehnerpotenzen, wobei der Hauptabfall einen Temperaturbereich von nur 10° C umfaßt. Erst bei den relativ niedrigen Werten im gummielastischen Bereich wird der Kurvenverlauf wieder weniger temperaturabhängig.

Mit zunehmender Beanspruchungszeit verlagern sich die Modulkurven nach niedrigeren Temperaturen. Der Übergang vom eingefrorenen Zustand in den Bereich, in denen die Hauptrelaxationen stattfinden, wird mit wachsender Beanspruchungszeit weniger

trachtet. Der Frequenzbereich, der auf diese Weise erfaßt wird, erstreckt sich von $10^{-5}$ Hz bis $10^{4}$ Hz über 9 Frequenz-Dekaden.

Die Abb. 10 zeigt den in Abhängigkeit von der Frequenz bei sinusförmiger Beanspruchung bestimmten Realteil $E' = f(t)$ des komplexen dynamischen Elastizitätsmoduls. Parameter ist die Temperatur.

Die Messungen im Bereich von $10^{-5}$ Hz bis $10^{0}$ Hz wurden mit der in Abschn. 2.3 beschriebenen Apparatur ausgeführt. Im Bereich von $10^{1}$ Hz bis $10^{4}$ Hz wurden die Werte durch die Messung stehender Biegewellen an dünnen Stäben bestimmt. Diese Messungen im Tonfrequenzbereich sollten ursprünglich aus älteren Messungen übernommen werden (4). Eine Neubestimmung war jedoch nötig, da die Stoffeigenschaften des für diese

Messungen benutzten PVC sich innerhalb einer mehrjährigen Lagerungszeit zu sehr verändert hatten, wie Nachmessungen zeigten.

Der Kurvencharakter der in Abb. 10 gezeigten Werte $E'(f)$ entspricht etwa dem der Kurven des statischen Elastizitätsmoduls, potenzen ab. Diesem Übergangsbereich folgt bei recht langen Periodendauern, also sehr tiefen Frequenzen bzw. bei genügend hohen Temperaturen der Bereich, in dem der Modul sich nur noch wenig ändert und der Stoff sich gummielastisch verhält.

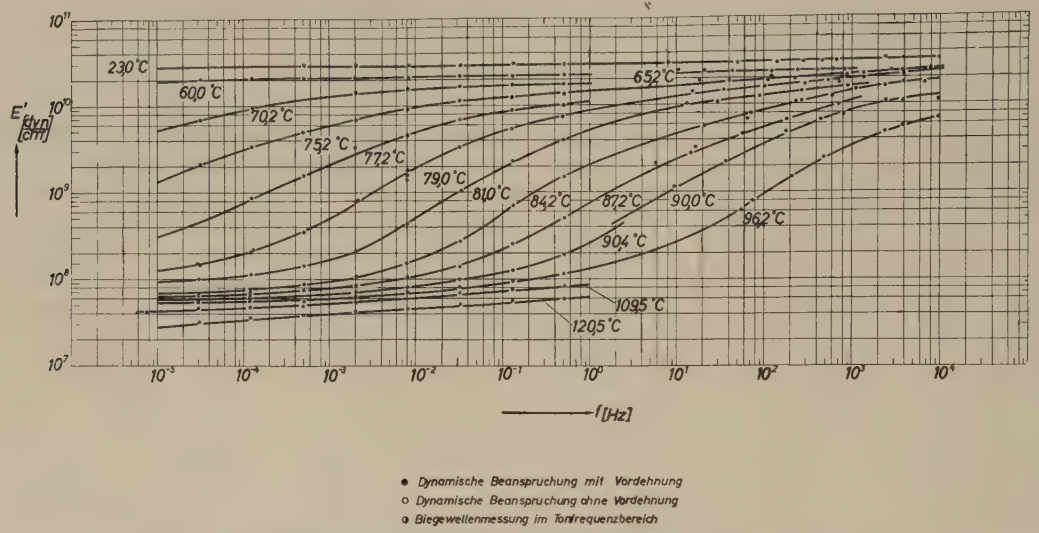



Abb. 10. Polyvinylchlorid (PVC). Realteil $E'$ des komplexen dynamischen Elastizitätsmoduls in Abhängigkeit von der Frequenz. Parameter ist die Temperatur

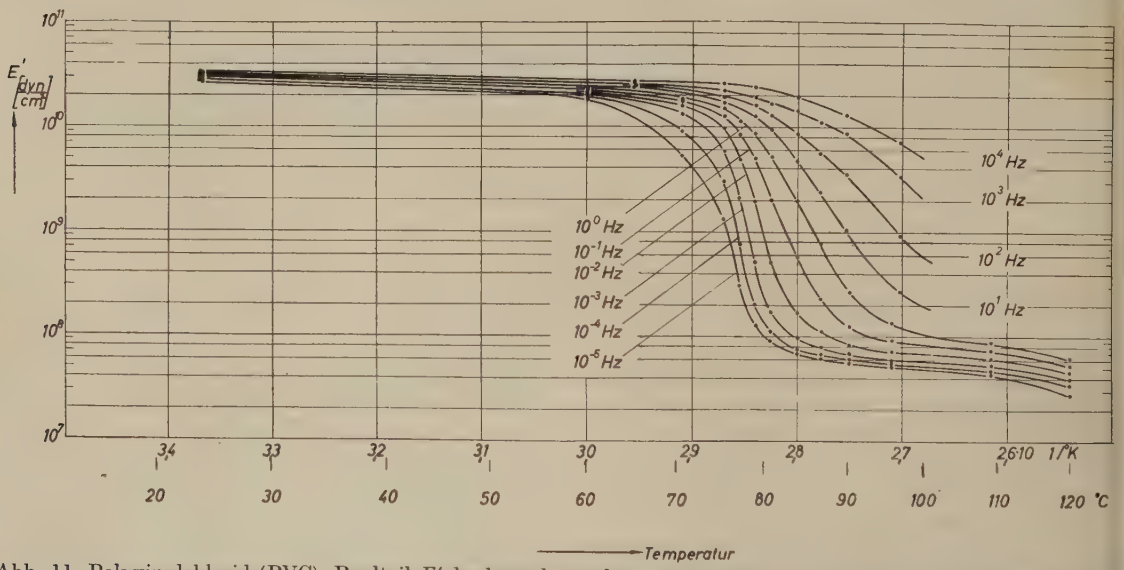



Abb. 11. Polyvinylchlorid (PVC). Realteil $E'$ des komplexen dynamischen Elastizitätsmoduls in Abhängigkeit von der Temperatur bei verschiedenen Frequenzen; eingetragene Punkte gewonnen durch Frequenzschnitte in Abb. 10

wenn man die Beanspruchungszeit mit der Periodendauer vergleicht. Bei kurzen Periodendauern, also bei hohen Frequenzen und bei niedrigen Temperaturen werden relativ große Werte des Elastizitätsmoduls gemessen. Bei längeren Periodendauern, also niedrigeren Frequenzen, fällt der Modul im Verlauf von etwa 6 Frequenzdekaden um etwa 2 Zehner-

Die $E'$-Werte als Funktion der reziproken absoluten Temperatur zeigt Abb. 11. Die Frequenz ist Parameter. Im Hauptdispersionsbereich, in dem die Kurven den steilen Abfall zeigen, wird ihr gegenseitiger Abstand mit abnehmender Frequenz, also mit wachsender Periodendauer, enger. Bei genügend niedrigen Temperaturen existieren auch bei

sehr langen Periodendauern keine kleinen, im gummielastischen Bereich liegenden Modulwerte.

### *3.3.2 Das Verhalten des Verlustfaktors in Abhängigkeit von der Frequenz und der Temperatur*

Die Kurven des Verlustfaktors $\eta = \operatorname{tg} \delta$ sind in Abhängigkeit von der Frequenz mit der Temperatur als Parameter in Abb. 12 aufgetragen. Sie durchlaufen ein Maximum, das etwa mit dem Hauptdispersionsbereich des Realteiles zusammenfällt. Der Anstieg der Kurven zum Maximum mit wachsender Frequenz ist steiler als der Abfall oberhalb des Maximums.

dargestellt; über der reziproken absoluten Temperatur sind die $\eta$-Werte aufgetragen. Die Frequenz ist Parameter. Aus der Bildunterschrift geht hervor, welche Kurven mit den verschiedenen Meßverfahren ermittelt wurden.

Die Kurven durchlaufen ein Maximum, dessen Wert mit wachsender Periodendauer größer wird, während die Halbwertsbreite sich verringert. Außerhalb des steil steigenden und fallenden Teils der Kurve, also im Bereich niedrigerer und höherer Temperaturen zeigen die Kurvenäste einen flacheren Verlauf. Diese Bereiche sind den relativ frequenzunabhängigen Werten des Realteiles $E'$ im Gebiet unterhalb der Einfriertemperatur $\vartheta_g$ und im gummielastischen Bereich zugeordnet.

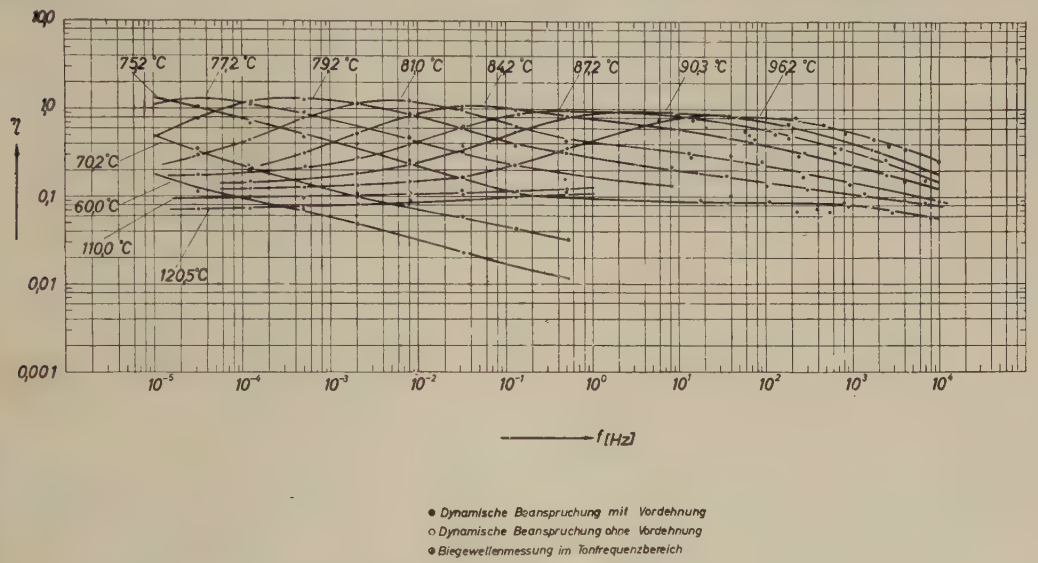



Abb. 12. Polyvinylchlorid (PVC). Verlustfaktor $\eta = \operatorname{tg} \delta = \dfrac{E''}{E'}$ in Abhängigkeit von der Frequenz. Parameter ist die Temperatur

Bei der Ermittlung der Kurvenscharen $E'(f)$ und $\eta(f)$ wurden insgesamt drei verschiedene Beanspruchungsarten verwendet, die sich aus den zwei vorher schon erwähnten Verfahren ergaben. Die Untersuchungsart im Tonfrequenzbereich (Resonanzmethode) wurde schon erwähnt.

Im Bereich tiefer Frequenzen wurden bis zur Temperatur 84,2 °C die Werte bei sinusförmiger Beanspruchung vorgedehnter Prüfstäbe bestimmt. Bei höheren Temperaturen war diese Methode nicht mehr anwendbar. Die Zeit für die Dehnungserholung wurde zu groß. Die Orientierungsbewegungen der molekularen Mechanismen vermochten bei Abnahme der Dehnung den aufgezwungenen periodischen Deformationen nicht mehr zu folgen. In diesem Bereich wurden daher an nicht vorgedehnten kurzen, dicken Prüfstäben sinusförmige Zug-Druck-Messungen vorgenommen. Diese Methode war jedoch bei tiefen Temperaturen, also im Bereich hoher Modulwerte, nicht anwendbar, weil dann die auftretenden Kräfte zu groß wurden.

Die Werte aus den Messungen nach allen drei Verfahren sind in den Kurven der Abb. 13

Die Überschneidungen der über der Temperatur aufgetragenen Verlustfaktorkurven bei Beanspruchungen im Tonfrequenzbereich sind durch das bekannte Nebenmaximum bedingt, das PVC bei niedrigen Temperaturen aufweist (4, 77, 28).

Die Kurven aus den Messungen an nicht vorgedehnten Prüflingen sind gegenüber den Messungen bei Vordehnung der Prüflinge und denen im Tonfrequenzbereich zu höheren Temperaturen hin verschoben; ihre Maxima sind etwas niedriger. Im übrigen verhalten sich diese Kurven aber wie die bei den anderen Beanspruchungsarten gemessenen. Unterschiede zwischen den bei verschiedenen Beanspruchungen gemessenen Kurven treten jedoch nur bei den $\eta$-Werten, nicht aber bei den $E'$-Werten hervor.

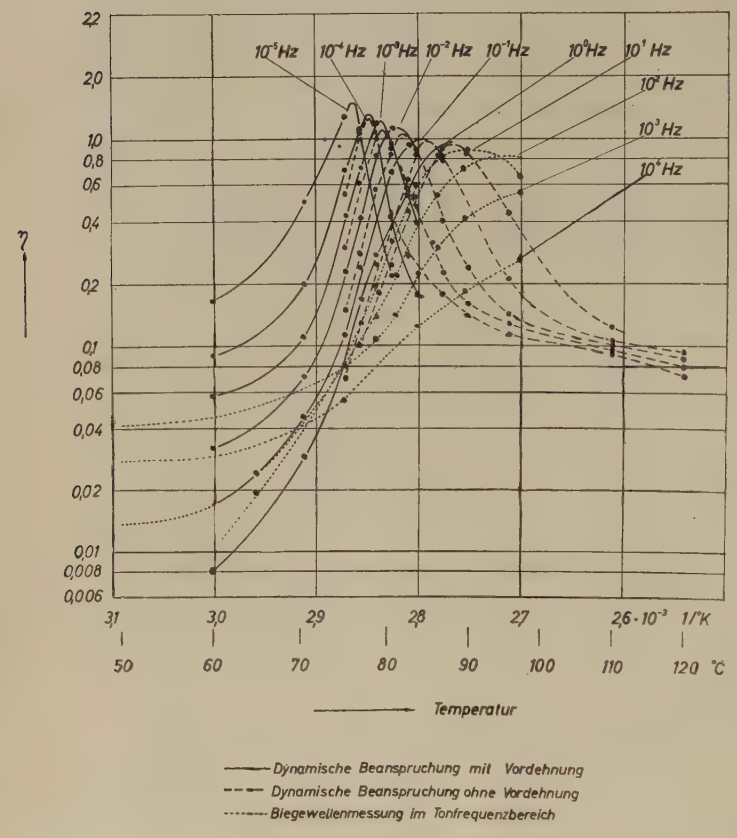



Abb. 13. Polyvinylchlorid (PVC). Verlustfaktor $\eta = \operatorname{tg}\delta = \frac{E''}{E'}$ in Abhängigkeit von der Temperatur. Parameter ist die Frequenz. Eingetragene Punkte gewonnen durch Frequenzschnitte in Abb. 12. Bei den Messungen wurden aus Gründen, die im Text näher erläutert sind, drei verschiedene Verfahren angewandt, die zu etwas unterschiedlichen Kurven führten

### 3.3.3 *Das Verhalten des Imaginärteiles $E''$ in Abhängigkeit von der Frequenz und der Temperatur*

Die Kurven des Imaginärteiles $E''(f)$ des dynamischen Elastizitätsmoduls sind in Abb. 14 dargestellt. Die Werte liegen durchweg um etwa eine Zehnerpotenz niedriger als die Werte des Realteiles $E'(f)$. Ihre Charakteristik entspricht etwa der von $E'(f)$. Ein Unterschied zeigt sich jedoch in den Bereichen, in denen die $E'(f)$-Kurven vom hartelastischen in den steilen Übergangsbereich übergehen. Hier durchlaufen die $E''(f)$-Kurven ein Maximum, mit einem sehr flachen Auslauf zu höheren Frequenzen hin.

Von einer Auftragung der Kurven $E''\left(\frac{1}{\Theta}\right)$ wurde abgesehen, weil sie für die weitere Auswertung zunächst ohne Belang sind. Ihre Charakteristik würde, abgesehen von der Verschiebung in der Absoluthöhe, etwa den Kurven in Abb. 11 entsprechen. Unterscheiden würden sie sich von diesen dadurch, daß sie wie die $E''(f)$-Kurven ein Maximum zwischen Übergangsbereich und hartelastischem Bereich aufweisen.

### 3.3.4 *Das Verhalten des Absolutwertes $|E^*(f)|$ in Abhängigkeit von der Frequenz und der Temperatur*

Die Abb. 15 zeigt die Kurvenscharen $|E^*(f)|$, des Absolutwertes

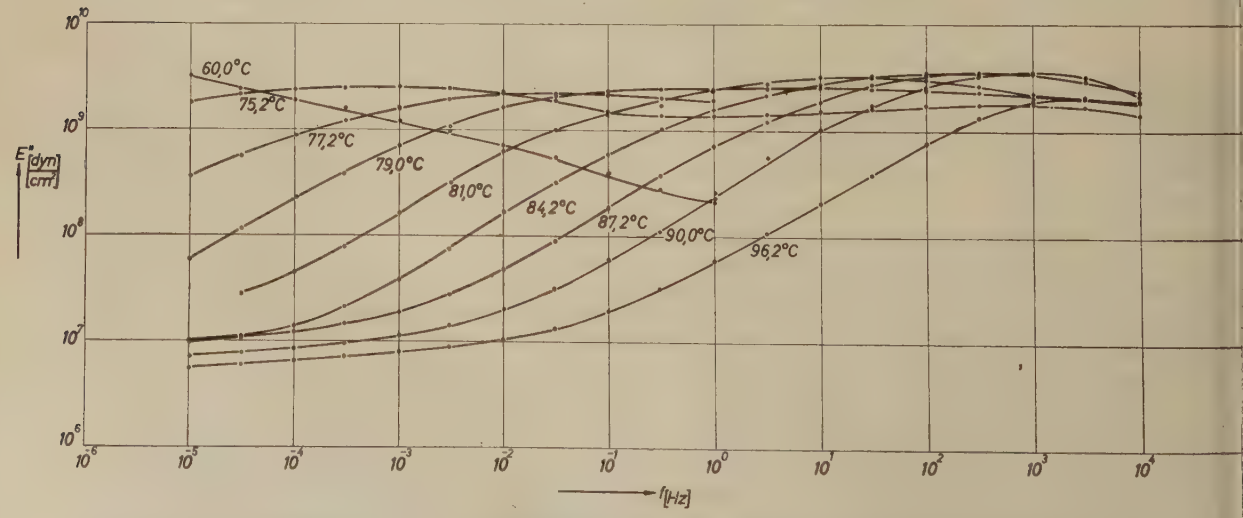



Abb. 14. Polyvinylchlorid (PVC). Imaginärteil $E''$ des komplexen dynamischen Elastizitätsmoduls in Abhängigkeit von der Frequenz. Parameter ist die Temperatur. Die eingetragenen Punkte wurden aus den Kurven der Abb. 10 und 12 berechnet

des komplexen dynamischen Elastizitätsmoduls von PVC. Parameter ist die Temperatur. Die Kurven entsprechen weitgehend denen des Realteiles $E'(f)$ der Abb. 10. Lediglich in den Dispersionsgebieten unterscheiden sie sich um den Faktor $\cos \delta(f)$ gemäß Gl. [8]. Die Auftragung des Absolutwertes über der Temperatur $\left|E^*\left(\frac{1}{\Theta}\right)\right|$ entspricht gleichfalls der entsprechenden Auftragung von $E'(f)$. Der Unterschied ist auch hier nur im Dispersionsgebiet durch den Faktor $\cos \delta(f)$ gegeben. (Vgl. mit diesen Darstellungen die im Abschnitt 4.4 gegebenen Überlegungen.)

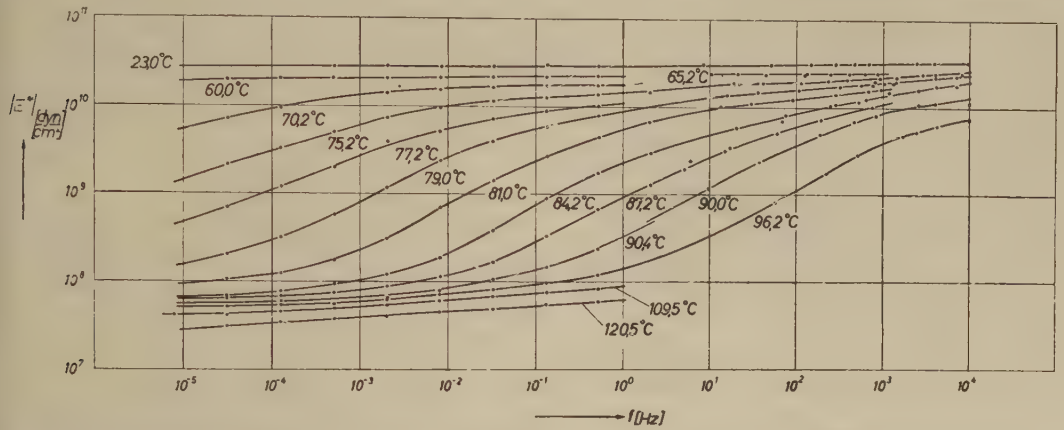



Abb. 15. Polyvinylchlorid (PVC). Absolutwert $|E^*|$ des komplexen dynamischen Elastizitätsmoduls in Abhängigkeit von der Frequenz. Parameter ist die Temperatur

## 4. Vergleich der Werte des statischen und des dynamischen Elastizitätsmoduls auf Grund ihrer Verteilungsfunktionen

### *4.1 Darstellung der Elastizitätsmoduln durch Verteilungsfunktionen und Umrechnung der Moduln ineinander*

Der Vergleich zwischen statisch und dynamisch gemessenen Werten des Elastizitätsmoduls ist vor allem im Hinblick auf Messungen bei langen Beanspruchungszeiten bzw. -perioden von Bedeutung. Es wurde bereits im Abschn. 1 darauf hingewiesen, daß statische Messungen im Langzeitbereich wesentlich einfacher durchzuführen sind als dynamische Messungen mit entsprechenden Periodendauern. Wünschenswert ist es darum, aus den Werten des statischen Elastizitätsmoduls den zugehörigen dynamischen Elastizitätsmodul zu berechnen. Es gibt theoretische Beziehungen, die diese Umrechnungen prinzipiell gestatten (15, 30, 31, 32, 36, 37, 38, 39, 52, 76).

Da sich aber hierbei in verschiedenen Arbeiten der letzten Jahre Unstimmigkeiten gezeigt haben zwischen den theoretisch durch Umrechnung ermittelten Modul- und Verlustfaktor-Werten und den experimentell gemessenen (3, 13, 15, 68), sollen diese Beziehungen anhand der in dieser Arbeit experimentell gewonnenen Werte zumindest für den benutzten Stoff überprüft werden. Dies soll durch Gegenüberstellung der in vergleichbaren Zeit- und Frequenzbereichen unmittelbar gemessenen Werte des statischen und des dynamischen Elastizitätsmoduls von PVC geschehen. Ob eine Verallgemeinerung der am Polyvinylchlorid gewonnenen Ergebnisse auf alle anderen Hochpolymeren möglich ist, muß vorerst dahingestellt bleiben und kann nur durch entsprechende Messungen an anderen Stoffen entschieden werden. Es besteht durchaus die Möglichkeit, daß die hier dargestellten Meßergebnisse durch Sonderheiten des benutzten Stoffes oder der benutzten Meßapparaturen bedingt sind.

Grundsätzlich zeigen die statisch und die dynamisch gemessenen Werte des Elastizitätsmoduls ein gleichartiges Verhalten, wenn man die Beanspruchungszeit $t$ mit der Periodendauer oder besser der Größe $\frac{1}{2\pi f} = \frac{1}{\omega}$ vergleicht. Bei kurzen Beanspruchungszeiten oder hohen Frequenzen zeigt der Elastizitätsmodul bei entsprechenden Temperaturen hohe Werte. Im Übergangsbereich zu kleinen Modulwerten sind beim flüchtigen Überschauen der Kennkurven kaum Unterschiede zu erkennen. Ebenso ist es im weichelastischen Gebiet. Überschlägig bedeutet das: die statisch gemessenen Werte des Elastizitätsmoduls stimmen recht gut mit den Werten des Realteils des dynamisch gemessenen Moduls überein. Kleinere Abweichungen

treten eigentlich nur im Übergangsgebiet auf, wo die molekularen Mechanismen stärker durcheinander gewirbelt werden. Abweichungen im weichelastischen Stoffzustand lassen sich gleichfalls durch das Molekülverhalten erklären. Allgemein darf man daher wohl sagen, daß bei den meisten für die Praxis bestimmten Elastizitätsmoduln statisch und dynamisch gemessene Werte ohne weiteres aneinandergefügt werden können.

Nun soll aber versucht werden, die für die Technik mehr oder weniger uninteressanten kleinen Unterschiede, insbesondere die im Übergangsbereich, näher zu erfassen.

Die lineare skalare Theorie der Viskoelastizität versucht, das mechanisch-elastische Verhalten der Hochpolymeren durch Kombination von mechanischen Federn und Dämpfungsgliedern nachzubilden (*Maxwell*-Modell, *Voigt-Kelvin*-Modell) (1, 21, 85). Aus dieser Darstellung ergibt sich die Möglichkeit, die Werte des statischen und des dynamischen Elastizitätsmoduls als Funktionen der sogenannten „Relaxationszeitenverteilungsfunktionen" auszudrücken (30, 31, 36, 82, 85).

Unter Benutzung der Verteilungsfunktionen lauten die Ausdrücke für die Moduln:

$$E_r(t) = \int_0^\infty \Phi_{E_r}(\tau)\, e^{-\frac{t}{\tau}}\, d\tau \qquad [12]$$

$$E'(f) = \int_0^\infty \Phi_{E'}(\tau)\, \frac{\omega^2\tau^2}{1+\omega^2\tau^2}\, d\tau \qquad [13]$$

$$E''(f) = \int_0^\infty \Phi_{E''}(\tau)\, \frac{\omega\tau}{1+\omega^2\tau^2}\, d\tau\,; \qquad [14]$$

$\omega$ ist die Kreisfrequenz.

Die Verteilungsfunktionen $\Phi(\tau)$ geben den Anteil $\Phi(\tau)\ d\ln\tau$ am gesamten jeweiligen Modulwert an, der mit der Relaxationszeit $\tau$ verknüpft ist.

Allgemein wird angenommen, daß sich die Verteilungsfunktionen $\Phi_{E_r}(\tau)$ und $\Phi_{E'}(\tau)$ bzw. $\Phi_{E''}(\tau)$ nicht unterscheiden (3, 30, 31, 32, 36, 52, 85], daß also

$$\Phi_{E_r}(\tau) = \Phi_{E'}(\tau) = \Phi_{E''}(\tau) = \Phi(\tau) \qquad [15]$$

ist. Wenn diese Annahme stimmt, muß es möglich sein, die statischen Werte in dynamische umzurechnen und umgekehrt.

Die exakte Auflösung von Gl. [12], [13] und [14] nach $\Phi(\tau)$ stößt jedoch auf Schwierigkeiten, weil die Modulwerte nicht im ganzen Wertebereich $0 \leq \tau \leq \infty$ bekannt sind. Man begnügt sich daher mit Näherungslösungen erster oder höherer Ordnung bei der Ermittlung dieser Funktionen (3, 22, 79, 80, 81, 85, 97). Bei der Umrechnung der Frequenzwerte in die Zeitwerte wird dabei die auf Berechnungen von Debye beruhende Annahme (16)

$$\tau = \frac{1}{\omega} \quad \text{bzw.} \quad \tau = t \qquad [16]$$

gemacht.

Auf Grund dieser Theorie zeigt sich, daß für Relaxationsmessungen gelten muß:

$$E'_{\tau=\frac{1}{\omega}} > E_{r\,\tau=t}. \qquad [17]$$

Ein Vergleich der gemessenen Kurven $E_r(t)$ mit $E'(f)$, Abb. 8 und 10, bestätigt diese Beziehung jedoch eigenartigerweise nicht. Empirisch ergibt sich, zumindest für das Hauptrelaxations- bzw. Hauptdispersionsgebiet, umgekehrt

$$E_{r\,\tau=t} > E'_{\tau=\frac{1}{\omega}}. \qquad [18]$$

Das gleiche Ergebnis wurde bereits von mehreren Autoren an anderen Stoffen gefunden (3, 13, 15, 68). In allen diesen Arbeiten wurde eine von *Marvin* aus Gl. [12] und [13] entwickelte Umrechnungsformel (52) bzw. deren Näherung (13) benutzt, um aus dem statischen den dynamischen Modul und umgekehrt zu berechnen. Die offensichtliche Diskrepanz, die sich beim Vergleich der theoretisch durch Umrechnungsformeln bestimmten Werte mit experimentell erhaltenen ergab, wurde auf Meßunsicherheiten oder auf ein Versagen der Zeit-Temperatur-Reduktion (vgl. Abschn. 1) zurückgeführt. Neue direkte und exaktere Messungen werden gefordert, von denen eine Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment erwartet wird (3, 13, 83, 68).

Da sich diese Diskrepanz zwischen Theorie und Experiment auch in dieser Arbeit gezeigt hat, erscheint es nunmehr wichtig, im folgenden die Voraussetzungen für die Umrechnung der Moduln ineinander zu überprüfen. Dabei erscheint es vorteilhaft, an Stelle der Moduln ihre Verteilungsfunktionen $\Phi_{E_r}(t)$ und $\Phi_{E'}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ bzw. $\Phi_{E''}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ unmittelbar zu betrachten[8]).

[8]) Es wird hier nicht $\Phi_{E_r}(\tau)$ und $\Phi_{E'}(\tau)$ geschrieben, wie es üblich ist. Durch die Schreibweise $\Phi_{E_r}(t)$ und $\Phi_{E'}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ soll deutlich werden, daß die Verteilungsfunktionen auf der Basis der Gl. [16] $\tau = t = \frac{1}{\omega}$ miteinander verglichen werden.

### *4.2 Vergleich der Näherungsmethoden zur Ermittlung der Verteilungsfunktionen*

Zur Bestimmung der Verteilungsfunktionen sind eine Reihe von Näherungsrechnungen in der Literatur bekanntgeworden. Es ist auch über die Grenzen ihrer Anwendungsmöglichkeiten vielfach diskutiert worden (3, 22, 74, 79, 80, 81, 85, 95). Eine größere Bedeutung hat jedoch bisher nur die Bestimmung der Verteilungsfunktionen nach dem von *L. M. Williams* und *J. D. Ferry* ausführlich angegebenen Verfahren mit Näherungen erster und zweiter Ordnung erlangt (22, 95).

Ein anderes Verfahren, welches bei Anwendung von Näherungen höherer Ordnung zu einer nahezu exakten Bestimmung der Verteilungsfunktionen führt, wurde von *F. Schwarzl* und *A. J. Staverman* angegeben (79, 80, 81). *Schwarzl* und *Staverman* benutzen Laplace-Transformationen, um sowohl für $\Phi_{E_r}$ als auch für $\Phi_{E'}$ und $\Phi_{E''}$ Näherungen beliebig hoher Ordnung angeben zu können. Die Grenze dieses Verfahrens ist aber dadurch gegeben, daß Differentialquotienten höherer Ordnung benötigt werden, die nur auf graphischem Wege zu ermitteln sind.

Um die Fehler, die durch Anwendung eines der Näherungsverfahren bei der Bestimmung der Verteilungsfunktion entstehen, ungefähr abschätzen zu können, sollen zunächst die Näherungen von *Williams* und *Ferry* und die von *Schwarzl* und *Staverman* sowohl für den Fall statischer als auch für den Fall dynamischer Prüflingsbeanspruchung miteinander verglichen werden. Ein ähnlicher Vergleich wurde bereits von *Williams* und *Ferry* bei ihren Untersuchungen an Polyvinylazetat durchgeführt (96, 97).

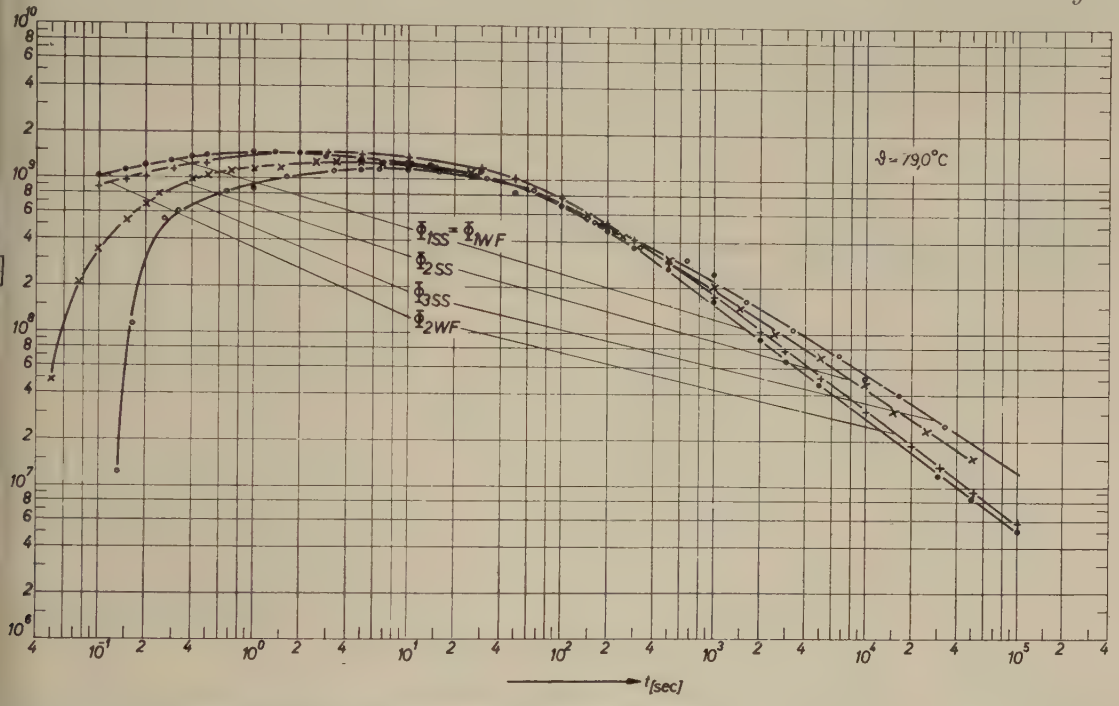



Abb. 16. Polyvinylchlorid (PVC). Vergleich der Näherungsverfahren zur Berechnung der Verteilungsfunktionen $\Phi_{Er}(t)$ aus dem zeitabhängigen Verlauf des statischen Elastizitätsmoduls. Temperatur $\vartheta = 79{,}0\,^{\circ}\mathrm{C}$. Verglichen werden das Verfahren von *Williams* und *Ferry* und das Verfahren von *Schwarzl* und *Staverman* sowie deren Näherungen verschiedener Ordnung. Bedeutung der Indizes: *WF* = Näherungsverfahren nach *Williams* und *Ferry*, *SS* = Näherungsverfahren nach *Schwarzl* und *Staverman*, 1 = Näherung 1. Ordnung, 2 = Näherung 2. Ordnung, 3 = Näherung 3. Ordnung

Dem Vergleich werden die bei der Temperatur $\vartheta = 79{,}0\,^{\circ}$ C ermittelten Kurven von $E_r(t)$ aus Abb. 8 und $E'(f)$ aus Abb. 10 sowie $E''(f)$ aus Abb. 14 zugrunde gelegt. Die daraus nach den genannten Verfahren ermittelten Verteilungsfunktionskurven $\Phi_{E_r}(t)$, $\Phi_{E'}(f)$ und $\Phi_{E''}(f)$ zeigen Abb. 16 und 17.

Abb. 16 zeigt die aus dem statischen Elastizitätsmodul bestimmten Verteilungsfunktionskurven. Die Zuordnung der Punkte ist aus der Bildunterschrift zu ersehen. Im Bereich von $10^1$ sec bis $10^3$ sec ist die Übereinstimmung der beiden Näherungsverfahren gut. Nur unwesentlich unterscheiden sich die

Näherungen höherer Ordnung von denen 1. Ordnung. Bei längeren Zeiten, über $10^3$ sec, liegen die Kurven 2. und 3. Ordnung nach *Schwarzl* und *Staverman* über denen der 1. und 2. Ordnung von *Williams* und *Ferry*. Die Abweichungen können durch die etwas unsichere Bestimmung der Ableitungen an die Kurve $E_r(t)$ bedingt sein. Ein Vergleich mit den Verteilungsfunktionen, die bei höheren Temperaturen ermittelt wurden, vgl. Abschn. 4.3, deutet darauf hin, daß der Verlauf der *Schwarzl-Staverman*schen Näherungen höherer Ordnung wohl den wahren Verlauf in diesem Bereich am besten wiedergibt (vgl. Abb. 18).

bildung auftreten können. Das *Schwarzl-Staverman*sche Verfahren hat jedoch den Vorzug, bei sehr genauer Bestimmung der Ableitungen auch schmale Nebenrelaxationsgebiete aufdecken zu können. Das setzt natürlich eine recht genaue Bestimmung der Kurve $E_r(t)$ des Moduls voraus.

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der Bestimmung der Näherungen für die Verteilungsfunktionen $\Phi_{E'}(f)$ und $\Phi_{E''}(f)$ aus den Kurven $E'(f)$ und $E''(f)$ des dynamischen Elastizitätsmoduls. Auch hier ist die Zuordnung der Meßpunkte in Abb. 17 aus der Bildunterschrift zu ersehen. Eine gute Überein-

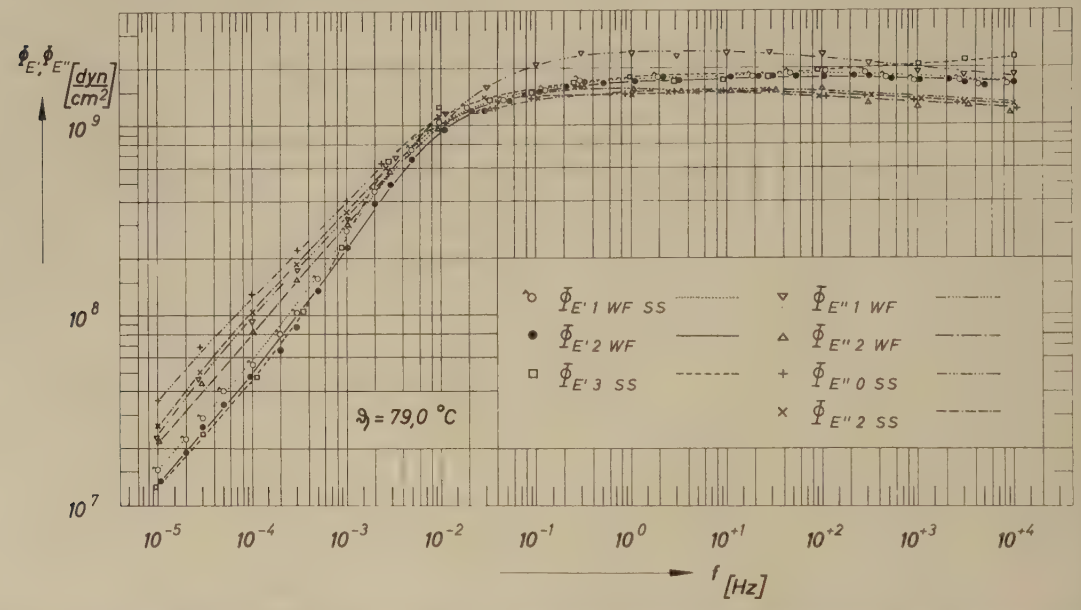



Abb. 17. Polyvinylchlorid (PVC). Vergleich der Näherungsverfahren zur Berechnung der Verteilungsfunktionen $\Phi_{E'}(f)$ und $\Phi_{E''}(f)$ aus den Frequenzkurven des Realteils und des Imaginärteils des dynamischen Elastizitätsmoduls. Temperatur $\vartheta$ = 79,0 °C. Verglichen werden das Verfahren von *Williams* und *Ferry* und das Verfahren von *Schwarzl* und *Staverman* sowie deren Näherungen verschiedener Ordnung. Bedeutung des Indizes: *WF* — Näherungsverfahren nach *Williams* und *Ferry*, *SS* — Näherungsverfahren nach *Schwarzl* und *Staverman*, 0 = Näherung 0. Ordnung, 1 = Näherung 1. Ordnung, 2 = Näherung 2. Ordnung, 3 = Näherung 3. Ordnung

Im Bereich kurzer Beanspruchungszeiten, unter $10^1$ sec, fallen dann die Kurven höherer Ordnung nach *Schwarzl* und *Staverman* verhältnismäßig steil ab. Ein Vergleich mit den Verteilungsfunktionskurven bei niedrigeren Temperaturen zeigt, daß hier vermutlich die Näherung nach *Williams* und *Ferry* besser ist (vgl. Abb. 18). Die Unterschiede in den Kurvenverläufen entstehen durch die Schwierigkeit, die richtige Ableitung an die Kurve $E_r(t)$ in den Bereichen, in denen die Kurve nahezu horizontal verläuft, zu bilden. Bei der *Schwarzl-Staverman*schen Näherung gehen insbesondere die Ableitungen höherer Ordnung stark in die Rechnung ein, so daß durchaus Fehlermöglichkeiten bei der Näherungsbestimmung der nach den beiden Verfahren bestimmten Verteilungsfunktionen und ihrer verschiedenen Ordnungen liegt im Bereich von $10^{-3}$ Hz bis $10^4$ Hz vor.

Zwischen $10^{-3}$ Hz und $10^{-5}$ Hz liegen die aus $E''(f)$ nach beiden Verfahren bestimmten Werte höher als die aus $E'(f)$ ermittelten Werte. Ein Vergleich mit den Verteilungsfunktionskurven bei höheren Temperaturen (vgl. Abb. 19 und 20) zeigt auch dort eine Erhöhung der $\Phi_{E''}(f)$-Werte gegenüber den $\Phi_{E'}(f)$-Werten. Ähnliche Unterschiede zwischen $\Phi_{E'}(f)$ und $\Phi_{E''}(f)$ fanden *Williams* und *Ferry* (96) [vgl. auch (13), Abb. 8]. Es muß hier offen bleiben, wodurch die Unterschiede zustande kommen.

Insgesamt zeigt der Vergleich der Näherungsverfahren aber, daß sie beide innerhalb eines Streubereiches, der durch die Auswertemethoden bedingt ist, zu annähernd gleichen $\Phi$-Werten führen. Zu dem gleichen Ergebnis gelangten auch *Williams* und *Ferry* (96, 97). Bei statischen Messungen bildet lediglich der Bereich kurzer Beanspruchungszeiten eine Ausnahme. Hier ist die *Williams-Ferry*sche Methode in jedem Fall vorzuziehen.

Da die Näherungsmethode von *Williams* und *Ferry* auch mit etwas geringerem Aufwand verbunden ist, wurden nach diesem Verfahren die Verteilungsfunktionen der Relaxationszeiten auch für andere Temperaturen bestimmt.

### *4.3 Vergleich der bei verschiedenen Temperaturen ermittelten Verteilungsfunktionen*

Die Kurven der Näherung 2. Ordnung nach dem Verfahren von *Williams* und *Ferry* für die Verteilungsfunktion $\Phi_{E_r}(t)$ mit der Temperatur $\vartheta$ als Parameter zeigt Abb. 18. Sie wurden aus den Werten des statischen Elastizitätsmoduls $E_r(t)$, Abb. 8, ermittelt. Die Verteilungsfunktionen aus dem Realteil des dynamischen Elastizitätsmoduls $E'(f)$ sind in Abb. 19 dargestellt. Parameter ist die Temperatur.

Beiden Kurvenscharen ist zu entnehmen, daß sich die Form der Kurven offenbar mit der Temperatur ändert. Dies gilt vor allem für die nach langen Zeiten bzw. nach niedrigen Frequenzen hin auslaufenden Kurvenäste, deren Werte mit wachsender Temperatur einen flacheren Verlauf mit höheren $\Phi$-Werten zeigen, was wohl als Fließbeginn gedeutet werden muß. Das gleiche Verhalten findet man bei den aus $E''(f)$ ermittelten Kurven $\Phi_{E''}(f)$ der Abb. 20. Diese Kurven sollten eigentlich mit den in Abb. 19 dargestellten Kurven identisch sein. Es zeigt sich aber, daß die $\Phi_{E''}$-Werte in den Bereichen, in denen sich $\Phi$ stark ändert, durchweg etwas höher liegen. Auch bei den Verteilungsfunktionen für $\vartheta = 79{,}0°$ C, Abb. 17, wurde dies bereits festgestellt. Im Bereich niedriger $\Phi$-Werte zeigt sich dieser Unterschied ebenfalls. Ob Meßfehler vorliegen, was in den Bereichen mit relativ flachem Verlauf der Moduln durchaus der Fall sein könnte, oder ob echte Unterschiede die Ursache sind, ist schwer zu entscheiden.

Trotz der Temperaturabhängigkeit der Verteilungsfunktionskurven wurden die „master-Kurven" aus den Kurvenscharen $\Phi_{E_r}(t)$ und $\Phi_{E'}(f)$ der Abb. 18 und 19 konstruiert. Die Methode der Zeit-Temperatur-Reduktion ist bisher wohl nur auf die Modul-

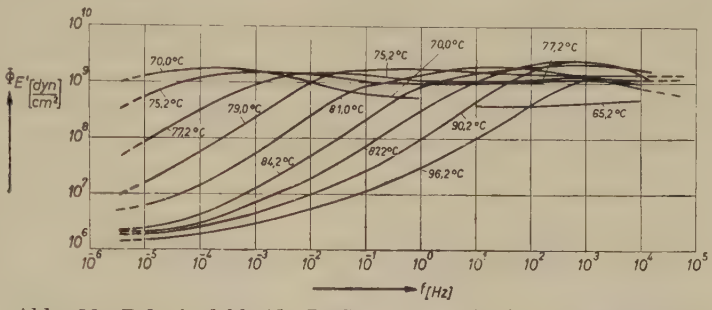



Abb. 19. Polyvinylchlorid (PVC). Kurven der Verteilungsfunktionen $\Phi_{E'}(f)$, die aus den Werten $E'(f)$ des dynamischen Elastizitätsmoduls (vgl. Abb. 10) nach dem Näherungsverfahren von *Williams* und *Ferry* in 2. Näherung ermittelt wurden. Temperatur als Parameter

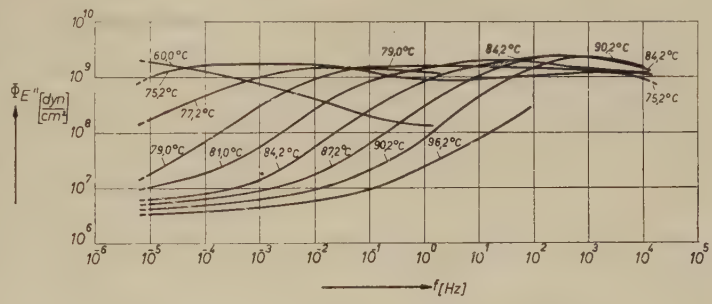



Abb. 20. Polyvinylchlorid (PVC). Kurven der Verteilungsfunktionen $\Phi_{E''}(f)$, die aus den Werten $E''(f)$ des dynamischen Elastizitätsmoduls (vgl. Abb. 14) nach dem Näherungsverfahren von *Williams* und *Ferry* in 2. Näherung ermittelt wurden; Temperatur als Parameter

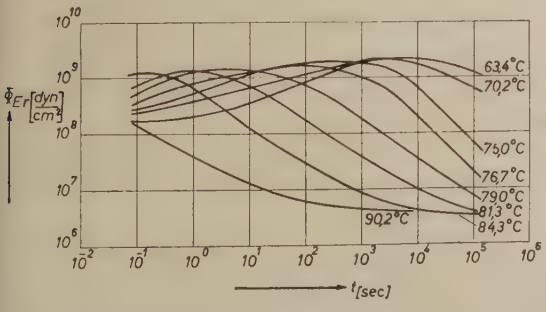



Abb. 18. Polyvinylchlorid (PVC). Kurven der Verteilungsfunktionen $\Phi_{E_r}(t)$, die aus den Werten $E_r(t)$ des statischen Elastizitätsmoduls (vgl. Abb. 8) nach dem Näherungsverfahren von *Williams* und *Ferry* in 2. Näherung ermittelt wurden; Temperatur als Parameter

kurven selbst angewandt worden. *F. H. Müller* hat schon 1949 auf eine solche Möglichkeit in den Arbeiten (58) und (59) hingewiesen. Sie läßt sich aber sinngemäß auch auf die Verteilungsfunktionskurven anwenden. Unter Berücksichtigung der im untersuchten Temperaturbereich recht geringen Tempe-

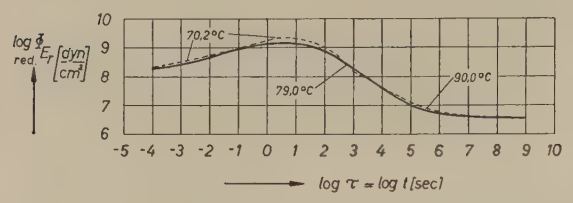



Abb. 21. Polyvinylchlorid (PVC). Verteilungsfunktionskurve $\Phi_{Er\,red}$ ($\tau = t$) $\vartheta = 79{,}0°$C (master-curve). Die Kurve wurde durch Zeit-Temperatur-Reduktion der bei verschiedenen Temperaturen ermittelten Verteilungsfunktionskurven (vgl. Abb. 18) auf die Bezugstemperatur $\vartheta = 79{,}0°$C gewonnen; die Kurvenform ist temperaturabhängig (gestrichelte Kurven)

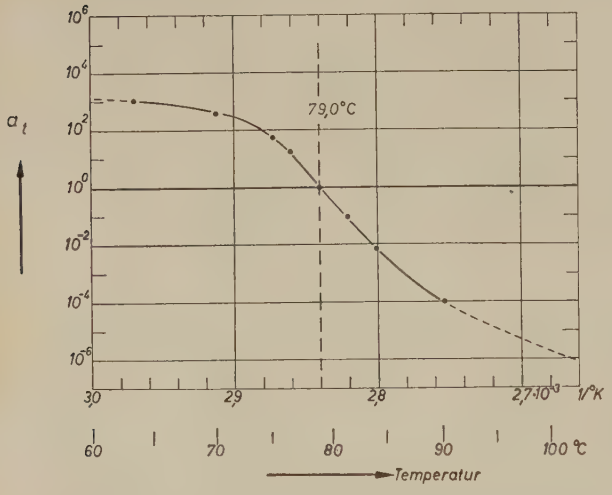



Abb. 22. Polyvinylchlorid (PVC). Zeitverschiebungsfaktor $a_t$ für die Kurven des statischen Elastizitätsmoduls oder deren Verteilungsfunktionskurven, bezogen auf $\vartheta = 79{,}0°$C, aufgetragen über der Meßtemperatur

raturabhängigkeit des Charakters der Modulkurven werden die $\Phi$-Kurven durch Multiplikation aller Relaxationszeiten mit einem Faktor $\frac{1}{a}$ so ineinander verschoben, daß eine einzige Kurve entsteht, die sich dann, wie im Abschn. 1 schon angedeutet wurde, über einen entsprechend großen Relaxationszeitenbereich erstreckt (15, 23, 83, 90, 92, 93). Als Bezugstemperatur wurde $\vartheta = 79{,}0°$ C gewählt. Die Multiplikation der $\tau$-Werte dieser Bezugskurve mit dem Faktor $a$ liefert, abgesehen von temperaturbedingten Kurvenformänderungen, die Verteilungsfunktionskurven für andere Temperaturen.

Das Ergebnis dieser so erzielten Bereichserweiterung ist für die aus statischen Messungen gewonnenen Kurven in Abb. 21 dargestellt. Die erfaßte Verteilungsfunktionskurve $\Phi_{E_r\,red}(t)$ bei $\vartheta = 79{,}0°$ C erstreckt sich von der Beanspruchungszeit $10^{-4}$ s bis $10^9$ s ($10^9$ s $\approx$ 30 Jahre). Für $\vartheta = 90{,}2°$ C und $\vartheta = 70{,}2°$ C sind zusätzlich in Abb. 21 die Kurvenformänderungen angedeutet, die sich gegenüber der Kurve bei $\vartheta = 79{,}0°$ C ergeben würden. Es sind die im Zusammenhang mit Abb. 18 bereits erwähnten, bei hohen Temperaturen auftretenden Erhöhungen der $\Phi$-Werte im gummielastischen Bereich und bei $\vartheta = 70{,}2°$ C eine Verschiebung der $\Phi_{E_r}$-Werte zu längeren Relaxationszeiten bei gleichzeitiger Erhöhung der $\Phi_{E_r}$-Werte. Der Verschiebungsfaktor $a_t$, mit dem die Relaxationszeitwerte multipliziert werden müssen, um den Verlauf bei einer anderen Temperatur zu erhalten, ist in Abb. 22 dargestellt. Für die Bezugstemperatur 79,0° C ist $a_t = 1$.

Eine entsprechende Kurve $\Phi_{E'\,red}(f)$ bei 79,0° C läßt sich aus den Verteilungsfunktionswerten der Abb. 19 aufstellen, die aus dynamischen Messungen ermittelt wurden. Sie ist in Abb. 23 aufgezeichnet. Auch hier sind die Kurvenformänderungen angegeben, die sich für höhere und tiefere Temperaturen gegenüber $\vartheta = 79{,}0°$ C ergeben. Sie entsprechen im wesentlichen den Änderungen, die auch bei statischer Beanspruchung auftreten. Nur bei tiefen Temperaturen und sehr hohen Frequenzen oder bei sehr kurzen Relaxationszeiten tritt außerdem noch ein stärkeres Absinken von $\Phi_{E'}$ ein.

Die der Abb. 22 entsprechende Kurve für den Verschiebungsfaktor $a_f$ der Frequenzverschiebung der Verteilungsfunktionskurven ist in Abb. 24 dargestellt. Auch hier ist $a_f = 1$ für die Bezugstemperatur 79,0° C.

Die Verschiebungsfaktorkurven $a_t$ und $a_f$, Abb. 22 und 24, sind nicht identisch. Zu dem gleichen Ergebnis kamen *Catsiff* und *Tobolsky* (15) und ebenso *Ferry, Grandine* und *Fitzgerald* bei Untersuchungen an Polyisobutylen (24).

In Abb. 25 sind die beiden zusammengesetzten Verteilungsfunktionskurven $\Phi_{E_r\,red}$ und $\Phi_{E'\,red}$ für $\vartheta = 79{,}0°$ C aus Abb. 21 und 23 in einem gemeinsamen Diagramm dargestellt. Bei der Auftragung über der gemeinsamen Abszisse wurde die Beziehung $t = \frac{1}{\omega}$, Gl. [16], zugrunde gelegt.

Die Darstellung zeigt, daß die Kurven $\Phi_{E_r}(t)$ und $\Phi_{E'}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ nicht übereinstimmen. Bei annähernd gleicher Gestalt der Kurven unterscheiden sie sich vor allem in dem von hohen $\Phi$-Werten zu niedrigen $\Phi$-Werten steil

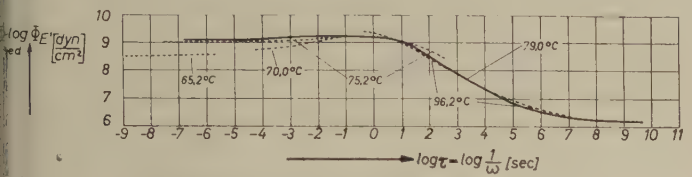



Abb. 23. Polyvinylchlorid (PVC). Verteilungsfunktionskurve $\Phi_{E'\,\mathrm{red}}\left(\tau = \frac{1}{2\pi f}\right)$, $\vartheta = 79{,}0\,^\circ\mathrm{C}$ (master-curve).

Die Kurve wurde durch Zeit-Temperatur-Reduktion der bei verschiedenen Temperaturen ermittelten Verteilungsfunktionskurven (vgl. Abb. 19) auf die Bezugstemperatur $\vartheta = 79{,}0\,^\circ\mathrm{C}$ gewonnen; die Kurvenform ist temperaturabhängig (gestrichelte Kurven)

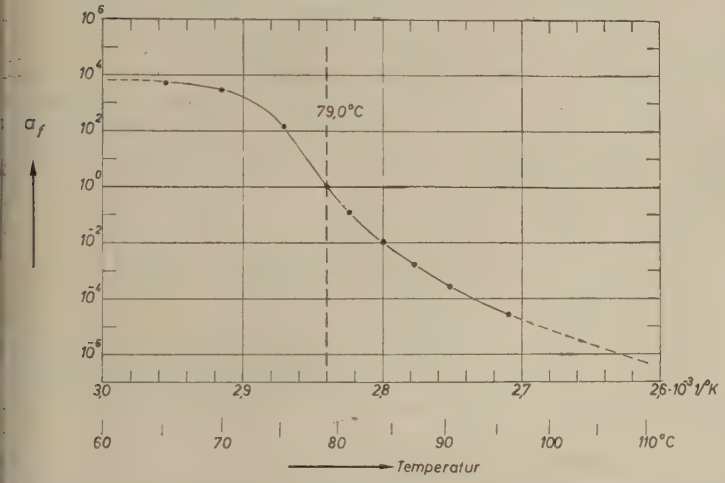



Abb. 24. Polyvinylchlorid (PVC). Frequenzverschiebungsfaktor $a_f$ für die Kurven des dynamischen Elastizitätsmoduls oder deren Verteilungsfunktionskurven; Bezugstemperatur $\vartheta = 79{,}0\,^\circ\mathrm{C}$; Auftragung über der Meßtemperatur

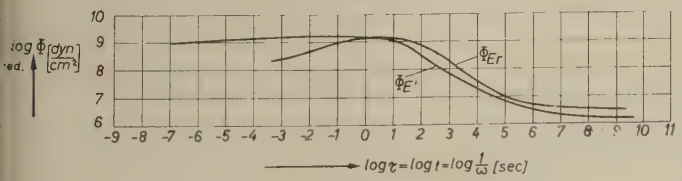



Abb. 25. Polyvinylchlorid (PVC). Vergleich der Verteilungsfunktionen $\Phi_{E_r\,\mathrm{red}}(\tau)$ und $\Phi_{E'\,\mathrm{red}}(\tau)$ (vgl. Abb. 21 und 23). Bezugstemperatur $\vartheta = 79{,}0\,^\circ\mathrm{C}$

abfallenden Kurvenstück, welches dem Dispersionsgebiet des Moduls entspricht. In diesem Dispersionsbereich sind die Werte $\Phi_{E'}$ gegenüber den $\Phi_{E_r}$-Werten zu niedrigeren $\tau$-Werten verschoben.

Die Gestalt der Kurven $\Phi_{E_r}$ und $\Phi_{E'}$ unterscheidet sich ferner in den Bereichen großer und kleiner $\tau$-Werte.

Den genannten Unterschieden sollen die weiteren Untersuchungen gelten.

*4.4 Ermittlung der Verteilungsfunktion $\Phi_{|E^*|}(f)$*

In die folgenden Betrachtungen sollen auch der Absolutwert $|E^*(f)|$ des komplexen dynamischen Elastizitätsmoduls und daraus abgeleitete Werte einbezogen werden. Denn bei Betrachtung der Kurven $\Phi_{E_r\,\mathrm{red}}$ und $\Phi_{E'\,\mathrm{red}}$ der Abb. 25 liegt die Überlegung nahe, aus der Kurvenschar $|E^*(f)|$ des Absolutwertes des komplexen dynamischen Elastizitätsmoduls gleichfalls „Verteilungsfunktionen" $\Phi_{|E^*|}(f)$ aufzustellen, durch Zeit-Temperatur-Reduktion eine Kurve $\Phi_{|E^*|\,\mathrm{red}}(f)$ zu bilden[9]) und diese im Dispersionsbereich sicher höher als die $\Phi_{E'\,\mathrm{red}}$-Kurve liegenden Werte der Verteilungsfunktion $\Phi_{E_r\,\mathrm{red}}$ gegenüberzustellen.

Es kann verhältnismäßig einfach gezeigt werden, daß ein Ausdruck

$$|E^*(f)| = \int_0^\infty \Phi_{|E^*|}(f)\,\frac{\omega^2\tau^2}{1+\omega^2\tau^2}\,d_\tau \qquad [19]$$

existieren muß, bei dem $\Phi_{|E^*|}(f)$ rein formal eine aus $|E^*(f)|$ ermittelte Verteilungsfunktion ist, die ähnlich wie die Funktion $\Phi_{E'}(f)$ ermittelt wird.

Nach dem Verfahren von *Williams* und *Ferry* gilt daher für die 2. Näherung

$$\Phi_{|E^*|}(f) = A\,|E^*(f)|\,\frac{d\log|E^*(f)|}{d\log f}. \qquad [30]$$

Die nach dieser Beziehung aus den Kurven $|E^*(f)|$ der Abb. 15 für mehrere Temperaturen gewonnenen Kurven $\Phi_{|E^*|}(f)$ zeigt Abb. 26.

Ebenso wie aus den Kurven $\Phi_{E_r}$ und $\Phi_{E'}$ der Abb. 18 und 19 läßt sich auch aus diesen Kurven eine einzige bei 79,0° C konstruieren, die sich über einen größeren Frequenzbereich erstreckt. Abb. 27 zeigt diese nach der Methode der reduzierten Variablen gewonnenen Kurve $\Phi_{|E^*|\,\mathrm{red}}(f)$.

[9]) Vgl. Diss. d. Verf.

*4.5 Vergleich der Verteilungsfunktionen $\Phi_{E_r}(t)$, $\Phi_{E'}\left(\frac{1}{\omega}\right)$, $\Phi_{E''}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ und $\Phi_{|E^*|}\left(\frac{1}{\omega}\right)$, bei der Bezugstemperatur $\vartheta = 79{,}0°$ C*

Zum Vergleich sind in Abb. 28 die zusammengesetzten Kurven $\Phi_{E_r\,\mathrm{red}}(t)$, $\Phi_{E'\,\mathrm{red}}\left(\frac{1}{\omega}\right)$, $\Phi_{|E^*|\,\mathrm{red}}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ aus Abb. 21, 23, 27 und die Kurve $\Phi_{E''\,\mathrm{red}}\left(\frac{1}{\omega}\right)$, die aus der Kurvenschar der Abb. 20 gebildet wurde, in einem gemeinsamen Diagramm über der Relaxationszeit $\tau$ dargestellt.

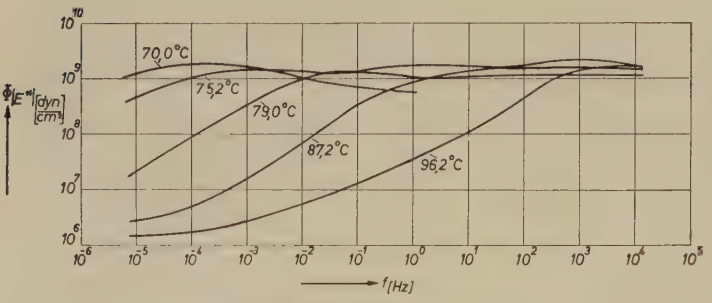



Abb. 26. Polyvinylchlorid (PVC). Kurven der Verteilungsfunktion $\Phi_{|E^*|}(f)$, die aus den Kurven des Absolutwertes $|E^*(f)|$ des dynamischen Elastizitätsmoduls gewonnen wurden; Temperatur als Parameter

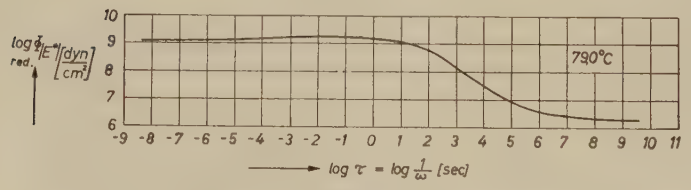



Abb. 27. Polyvinylchlorid (PVC). Verteilungsfunktionskurve $\Phi_{|E^*|\,\mathrm{red}}\left(\tau = \frac{1}{2\pi f}\right)$, $\vartheta = 79{,}0\,°\mathrm{C}$ (master-curve).

Die Kurve wurde durch Zeit-Temperatur-Reduktion der bei verschiedenen Temperaturen ermittelten Verteilungsfunktionskurven (vgl. Abb. 26) auf die Bezugstemperatur $\vartheta = 79{,}0\,°\mathrm{C}$ gewonnen; Die Temperaturabhängigkeit der Verteilungsfunktionskurve ist hier nicht angedeutet worden

Es zeigt sich, daß die Kurvenverläufe $\Phi_{E_r}(t)$ und $\Phi_{|E^*|}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ nahezu übereinstimmen. Die Kurven $\Phi_{E'}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ und $\Phi_{E''}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ sind dagegen, wie schon aus Abb. 25 ersichtlich war, zu kürzeren Relaxationszeiten verschoben. Der Unterschied zwischen den Kurven tritt naturgemäß am stärksten im Bereich größter Dispersion der Verteilungsfunktionsverläufe in Erscheinung.

Es folgt aus dieser Darstellung, daß bei einer Umrechnung des statischen in den dynamischen Elastizitätsmodul nicht der Realteil des dynamischen Moduls, sondern der Absolutwert des komplexen Elastizitätsmoduls mit dem statischen Elastizitätsmodul zu vergleichen ist.

Diese Feststellung widerspricht völlig den Erwartungen der Theorie, die mit der Identität der Verteilungsfunktionskurven $\Phi_{E_r}(t)$ und $\Phi_{E'}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ bzw. $\Phi_{E''}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ bei statischer und bei dynamischer Beanspruchung rechnet (3, 13, 15, 22, 30, 31, 32, 36, 37, 38, 39, 52, 60, 68, 76, 85, 97). Für den Einzelmechanismus läßt sich aus dieser Theorie zeigen, daß bei der Relaxationsbeanspruchung gelten muß:

$$\left|E^*\left(\frac{1}{\omega}\right)\right| > E'\left(\frac{1}{\omega}\right) > E_r(t)\,. \qquad [31]$$

In Abb. 29 ist dieses Verhalten für den Einzelmechanismus dargestellt. Ein entsprechendes Verhalten ergibt sich selbstverständlich auch bei einer kontinuierlichen Verteilung der Re-

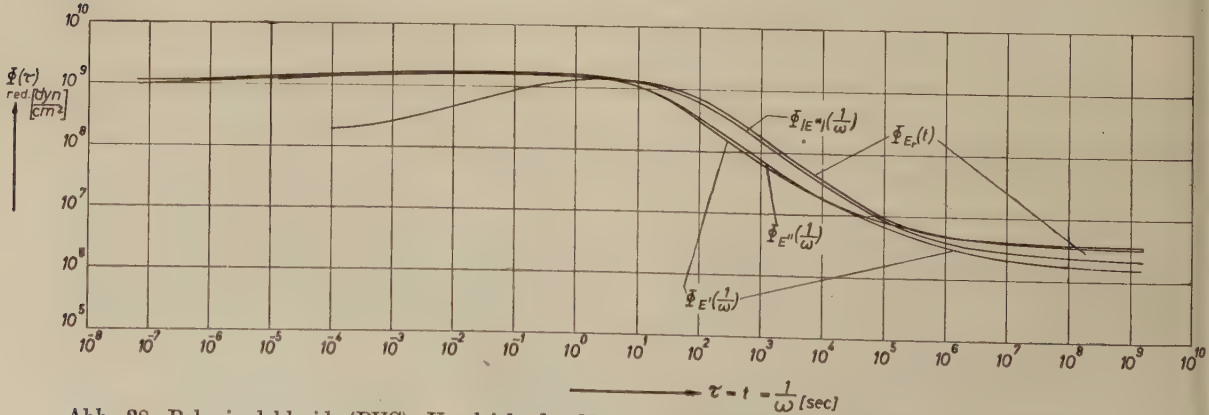



Abb. 28. Polyvinylchlorid (PVC). Vergleich der Verteilungsfunktionskurven $\Phi_{Er\,\mathrm{red}}(\tau)$; $\Phi_{E'\,\mathrm{red}}(\tau)$, $\Phi_{E''\,\mathrm{red}}(\tau)$ $\Phi_{|E^*|\,\mathrm{red}}(\tau)$; $\vartheta = 79{,}0\,°\mathrm{C}$

laxationszeiten, wenn man die lineare Superponierbarkeit der Einzelrelaxationen voraussetzt.

### *4.6 Diskussion der Unterschiede zwischen den Verteilungsfunktionen*

#### *4.6.1 Meßfehler, nichtlineares Deformationsverhalten, unterschiedliche molekulare Beanspruchung*

Es gibt mehrere Möglichkeiten, durch die der unterschiedliche Verlauf der Verteilungsfunktionskurven erklärt werden könnte. Sie sollen im einzelnen erörtert werden.

Der Unterschied zwischen den beiden Verteilungsfunktionen könnte eine Folge nichtlinearen Deformationsverhaltens sein, also einer Dehnung der Prüflinge über den linearen Deformationsbereich hinaus. Da die $\Phi_{E'}$-Werte die niedrigeren sind, müßte das nichtlineare Verhalten vorwiegend bei der dynamischen Beanspruchung aufgetreten sein (vgl. hierzu Abb. 7). Dieses Verhalten hätte sich bei der Messung durch eine Abflachung der Maxima der sinusförmigen Kraftkurven äußern müssen. Dies war aber, wie eine Nachprüfung zeigte, nicht der Fall.

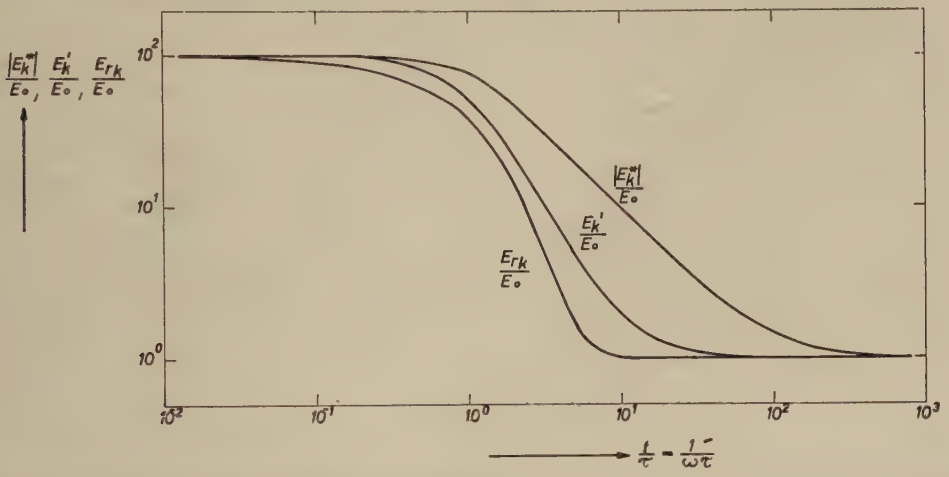



Abb. 29. Relaxationsverhalten eines Einzelmechanismus bei statischer und bei dynamischer Beanspruchung

$\frac{E_{rk}}{E_0}$ = normierter statischer Elastizitätsmodul

$\frac{|E^*_k|}{E_0}$ = normierter Absolutwert des dynamischen Elastizitätsmoduls

$\frac{E'_k}{E_0}$ = normierter Realteil des dynamischen Elastizitätsmoduls

Ausgangsgleichungen: $E_{rk} = E_0 + (E_\infty - E_0)\, e^{-\frac{t}{\tau}}$ $\quad E^*_k = E_\infty - \frac{E_\infty - E_0}{1 + j\omega\tau}$

$E_\infty$ = $E$-Modul bei $\omega = \infty$ bzw. bei $t = 0$ $\quad$ $E_0$ = $E$-Modul bei $\omega = 0$ bzw. bei $t = \infty$

Meß- und Auswertefehler dürften ausgeschlossen sein, da bei den $E_r(t)$-Kurven und bei den $E'(f)$-Kurven zumindest im Hauptrelaxationsgebiet die Unterschiede außerhalb der Fehlergrenzen liegen. Es bleiben somit nur wirkliche Abweichungen der Verteilungsfunktionskurven voneinander, die sich außer in der Verschiebung der $\Phi_{E'}$-Kurve zu kürzeren Relaxationszeiten gegenüber der $\Phi_{E_r}$-Kurve auch in dem unterschiedlichen Kurvenverlauf bei kurzen Relaxationszeiten äußern. Außer Betracht bleiben sollen die Unterschiede bei langen Relaxationszeiten, die eventuell auf Meß- oder Auswertefehlern beruhen können.

Bei statischer Beanspruchung erstreckt sich der Linearitätsbereich der benutzten Prüflinge bei $\vartheta = 79{,}0°$ C bis $\varepsilon = 1{,}3\%$, wie Abb. 7 zeigt. Es ist nicht anzunehmen, daß bei dynamischer Beanspruchung dieser Bereich sehr viel kleiner ist. Die Prüflingsdehnung bei statischer Beanspruchung und bei $\vartheta = 79{,}0°$ C wurde zu etwa $\varepsilon = 0{,}7\%$ gewählt. Die Amplitude bei dynamischer Prüflingsbeanspruchung betrug bei 79,0° C und bei einer Prüflingsvordehnung von $\varepsilon = 1\%$ etwa $\varepsilon = 0{,}15\%$. Bei Zug-Druck-Beanspruchung der Prüflinge ohne Vordehnung erreichte die Deformationsamplitude etwa $\varepsilon = 0{,}6\%$.

In diesen Bereichen zeigt sich aber noch ganz klar ein lineares Verhalten des Stoffes gegenüber der Dehnung. Der Unterschied in den Verteilungsfunktionskurven ist daher wohl kaum auf nichtlineares Amplitudenverhalten des Stoffes zurückzuführen.

Wenn Meßfehler und nichtlineares Deformationsverhalten als mögliche Ursachen für die unterschiedlichen Kurvenverläufe $\Phi_{E_r}(t)$ und $\Phi_{E'}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ nicht in Frage kommen, kann der Unterschied eigentlich nur noch eine Folge der verschiedenartigen statischen und dynamischen Beanspruchung der molekularen Mechanismen sein. Die Mechanismen selbst dürften jedoch in beiden Fällen die gleichen sein.

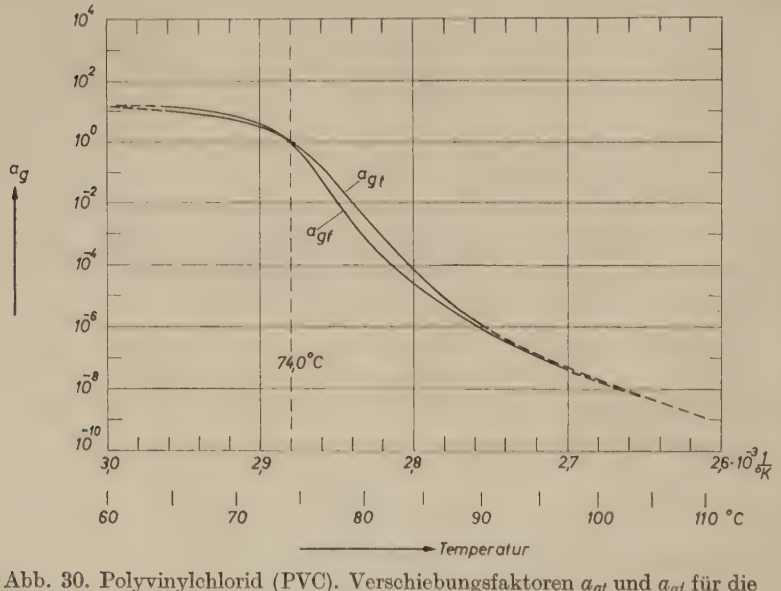



Abb. 30. Polyvinylchlorid (PVC). Verschiebungsfaktoren $a_{gt}$ und $a_{gf}$ für die statisch und dynamisch ermittelten Modul- und Verteilungsfunktionskurven, in Abhängigkeit von der Meßtemperatur. Bezugstemperatur ist die Einfriertemperatur $\vartheta_g = 74°C$

*4.6.2 Molekularkinetische Deutung der Unterschiede*

Bei statischer Beanspruchung wird auf die verknäuelten und ineinander verfilzten Molekülketten eine stetige, im Laufe der Beanspruchungszeit kleiner werdende Kraft ausgeübt. Sie ist bestrebt, die Moleküle zu entknäuelen bzw. die verfilzte Struktur zu dehnen. Es wäre denkbar, daß dadurch für den gedehnten Zustand teilweise sogar eine Struktur zustande käme, wie sie kristallinen Hochpolymeren eigen ist (vgl. Anmerkung 6) [siehe auch (35)]. Die Ausbildung einer solchen Textur könnte bei genügend dichter Packung der Polymerketten zu einer Verzögerung der Relaxationen führen.

Bei dynamischer Beanspruchung wird auf die molekularen Mechanismen eine Kraft ausgeübt, die nicht mit der Zeit monoton abnimmt, sondern die sinusförmig an- und abschwillt, deren Amplitude konstant bleibt und die bewirkt, daß die molekularen Mechanismen gewissermaßen „durchgeknetet" werden. Die Molekülteile werden durch die ständige periodische Bewegung gezwungen, dauernd aneinander vorbeizugleiten. Ein solcher Vorgang ist nicht nur mit größeren Verlusten verbunden als ein langsames Aneinandervorbeigleiten bei statischer Beanspruchung. Es ist auch denkbar, daß sich bei dynamischer Beanspruchung Dipol-Haftstellen zwischen den Molekülen infolge der erzwungenen heftigen Fluktuation der Teilchen weniger leicht ausbilden als bei statischer Beanspruchung, bei der die Mechanismen in relativer Ruhe sind. Das kann bedeuten, daß im Hauptrelaxationsgebiet auch die freien Volumina zwischen den Molekülen [zur Definition vgl. (11, 12, 25, 75, 98)] bei dynamischer Beanspruchung größer sind als bei statischer Beanspruchung. Ein solcher Effekt würde zu einer Vergrößerung der Aktivierungsentropie im dynamischen Falle führen, da die Zahl der möglichen freien benachbarten Orientierungslagen hierdurch vergrößert wird. (Auf diese Vergrößerung der Aktivierungsentropie deuten auch die reaktionskinetischen Untersuchungen im Abschn. 5 hin.)

Eine solche „Auflockerung der Filzstruktur", also die Vergrößerung des freien Volumens, wird durch eine Beziehung bestätigt, die von *Williams, Landel* und *Ferry* (98) aus einer Gleichung von *Doolittle* (19, 20) weiterentwickelt wurde. Danach soll der von der Zeitreduktion herrührende Verschiebungsfaktor (vgl. $a_t$ und $a_f$, Abschn. 4.3) $a_g$, der auf die Einfriertemperatur $\vartheta_g$ bezogen ist, mit dem auf das Gesamtvolumen bezogenen freien Volumen $v$ über den Ausdruck

$$v = \frac{1}{2{,}303 \log a_g + \frac{1}{v_g}} \qquad [32]$$

verknüpft sein; $v_g$ ist das auf das Gesamtvolumen bezogene freie Volumen bei der Ein-

friertemperatur $\vartheta_g$. Für $a_g$ sind zum Vergleich die Verschiebungswerte $a_{gt}$ und $a_{gf}$, die sich bei statischer und bei dynamischer Beanspruchung ergeben, in die Gl. [32] einzusetzen. Die Kurven $a_{gt}(\Theta)$ und $a_{gf}(\Theta)$ erhält man aus den Kurven $a_t$ und $a_f$ der Abb. 22 und 24, wenn man diese Kurven nicht auf $\vartheta = 79{,}0°$ C bezieht, sondern auf die Einfriertemperatur $\vartheta_g = 74{,}0°$ C. In einem gemeinsamen Diagramm sind $a_{gt}$ und $a_{gf}$ in Abb. 30 dargestellt. Auch diese Kurven sind ebenso wie die von $a_t$ und $a_f$ unterschiedlich; oberhalb der Einfriertemperatur, im Hauptrelaxationsbereich, sind die $a_{gt}$-Werte größer als die $a_{gf}$-Werte. Gemäß Gl. [32] bedeutet das aber, daß das bezogene freie Volumen $v_f$ bei dynamischer Beanspruchung größer sein muß als $v_t$ bei statischer Beanspruchung. Das gleiche müßte dann natürlich auch für die Aktivierungsentropie gelten.

Diese Überlegungen deuten darauf hin, daß die Relaxation des Realteiles des dynamischen Elastizitätsmoduls schneller vonstatten geht als die Relaxation des statischen Elastizitätsmoduls. Sie könnten somit eine Erklärung für die beobachtete Verschiebung der Verteilungsfunktionen gegeneinander sein.

Auffällig ist es, daß die Verteilungsfunktionskurve $\Phi_{E_r\,\mathrm{red}}(t)$ des statischen Elastizitätsmoduls verhältnismäßig gut mit der aus dem Absolutwert des dynamischen Elastizitätsmoduls abgeleiteten Verteilungsfunktionskurve $\Phi_{|E^*|}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ übereinstimmt (vgl. Abb. 28), wohingegen die beiden Kurven $\Phi_{E'}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ und $\Phi_{E''}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ zu kürzeren Relaxationszeiten verschoben sind. Daraus auf irgendwelche Zusammenhänge zwischen den Kurven $\Phi_{E_r\,\mathrm{red}}(t)$ und $\Phi_{|E^*|}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ zu schließen, ist wohl kaum möglich, denn ähnliche Verhältnisse der Kurven zueinander müssen sich zwangsläufig ergeben. Die Kurve $\Phi_{E_r}(t)$ liegt, wie in diesem und den vorhergehenden Abschnitten gezeigt wurde, wohl auf Grund der andersartigen Entropieverhältnisse über den Kurven $\Phi_{E'\,\mathrm{red}}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ und $\Phi_{E''\,\mathrm{red}}\left(\frac{1}{\omega}\right)$. Zwangsläufig muß aber auch die Kurve $\Phi_{|E^*|\,\mathrm{red}}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ über den Kurven $\Phi_{E'\,\mathrm{red}}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ und $\Phi_{E''\,\mathrm{red}}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ liegen. Zufall mag es sein, daß die Kurven $\Phi_{E_r\,\mathrm{red}}(t)$ und $\Phi_{|E^*|\,\mathrm{red}}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ so sehr dicht beieinander liegen und sich im Hauptrelaxationsgebiet dadurch deutlich gegen die Kurven $\Phi_{E'\,\mathrm{red}}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ und $\Phi_{E''\,\mathrm{red}}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ abheben. Andererseits zeigt dies aber auch, daß bei einer Umrechnung der statischen in die dynamischen Modulwerte vielleicht nicht die Kurven $E_r(t)$ und $E'\left(\frac{1}{\omega}\right)$ miteinander verglichen werden sollten, sondern $E_r(t)$ und $\left|E^*\left(\frac{1}{\omega}\right)\right|$.

### *4.7 Folgerungen aus den vorhergehenden Abschnitten*

Der Diskussion über das Verhältnis der statischen und der dynamischen Messungen wurden die Verteilungsfunktionen der Relaxationszeiten zugrunde gelegt. Sie gaben die Möglichkeit, sowohl phänomenologische als auch molekularkinetische Betrachtungen über das Relaxationsverhalten anzustellen. Als Ursache für die unterschiedlichen Verteilungsfunktionskurven wurde die unterschiedliche Beanspruchung der molekularen Mechanismen erkannt.

In Abb. 31 ist das Verhalten der entsprechenden Elastizitätsmoduln dargestellt. Die Zuordnung der Kurven geht aus der Bildunterschrift hervor. Gemäß der Reihenfolge der Verteilungsfunktionen in Abb. 28 gilt auch für die Modulwerte

$$E_r(t) > \left|E^*\left(\frac{1}{\omega}\right)\right| > E'\left(\frac{1}{\omega}\right). \qquad [33]$$

Abweichungen von dieser Reihenfolge der Kurven zueinander treten erst im gummielastischen Bereich auf. Hier sind die Absolutwerte des dynamischen Moduls am größten; der statische Modul fällt sogar noch unter den Wert des Realteiles ab. Vielleicht könnte man dies auf einen im statischen Falle ungestörteren Übergang zu plastischem Fließen zurückführen.

Als Ergebnis der Untersuchungen im Abschn. 4 dieser Arbeit dürfte deutlich geworden sein, daß die Umrechnung des statischen in den dynamischen Modul und umgekehrt auf Grund der Feder-Dämpfungsmodelle oder der allgemeinen linearen skalaren Viskoelastizitätstheorie bei dem in dieser Art untersuchten Stoff nicht unbedingt möglich ist, zumindest nicht in der bisher üblichen Art, bei der gleiches Relaxationsverhalten der Mechanismen ohne Rücksicht auf die Beanspruchungsart, also ohne Berücksichtigung unterschiedlicher Entropieverhältnisse, angenommen wurde.

*F. H. Müller* hat darauf hingewiesen (65), daß sich kaum Modelle finden lassen, „bei denen die für kleine Verformungsamplituden

konstruierten Teilmechanismen bei beliebiger Elongation sich nicht untereinander beeinflussen". Gleichzeitig weist er dabei auf die Problematik hin, die dadurch für die Anwendung des *Boltzmann*schen Superpositionsprinzipes und somit für die Bedingungen der Linearität schon bei kleinsten Dehnungen gegeben ist.

schon bei Temperaturen unterhalb der Einfriertemperatur Platzwechsel vollziehen.

Phänomenologisch ist der Bereich der Einfriertemperatur durch das Umknicken der unterhalb dieser Temperatur nahezu waagerecht verlaufenden Kurven $E_r(t)$ und $E'\left(\frac{1}{\omega}\right)$ zu kleinen Modulwerten hin gekennzeichnet

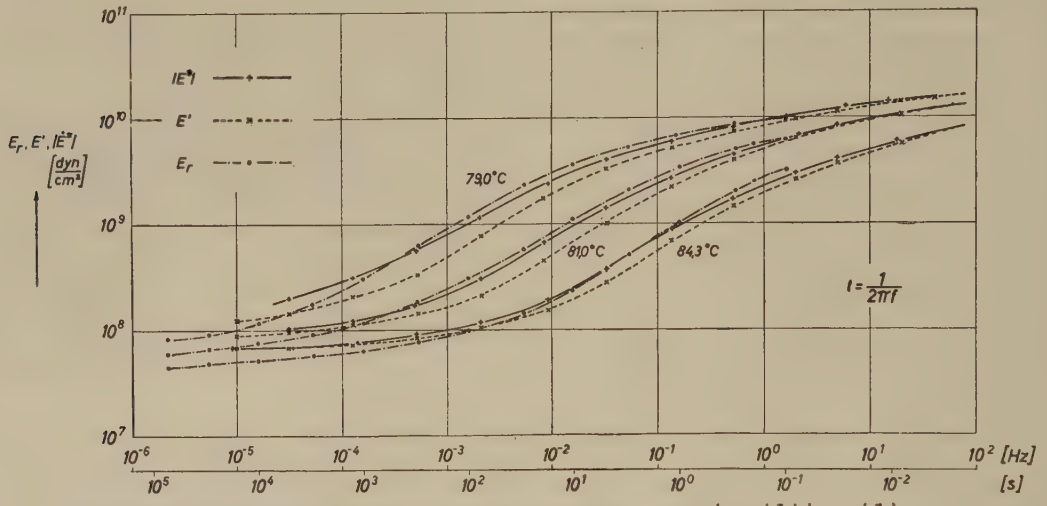



Abb. 31. Polyvinylchlorid (PVC). Vergleich der Elastizitätsmodulkurven $\left|E^*\left(\frac{1}{\omega}\right)\right|$, $E'\left(\frac{1}{\omega}\right)$, $E_r(t)$, dargestellt für drei verschiedene Temperaturen. Im Hauptdispersionsbereich gilt: $E_r(t) > \left|E^*\left(\frac{1}{\omega}\right)\right| > E'\left(\frac{1}{\omega}\right)$.

## 5. Die Aktivierungsgrößen von Polyvinylchlorid (PVC) im Bereich der Einfriertemperatur

### *5.1 Das Verhalten der Hochpolymeren im Bereich ihrer Einfriertemperatur*

Die elastischen Eigenschaften hochpolymerer Stoffe im Bereich ihrer Einfriertemperatur sind durch den Übergang vom energieelastischen Verhalten der Stoffe zum entropieelastischen Verhalten bestimmt (1, 21, 85).

Unterhalb der Einfriertemperatur können wegen der starken *van der Waals*schen Bindungskräfte zwischen den Atomen nur die End- und Seitengruppen der Moleküle Bewegungen ausführen. Größere Teilstücke der Molekülhauptketten, die Kettensegmente, werden im wesentlichen erst oberhalb der Einfriertemperatur beweglich. Der Übergang ist kontinuierlich und vollzieht sich in einem schmalen Temperaturintervall, dessen Breite nicht nur durch den Molekülaufbau des Stoffes, sondern auch durch die Länge der mechanischen Beanspruchungszeit bestimmt ist; denn bei genügend langem Einwirken einer Kraft können größere Molekülkomplexe (vgl. Abb. 9 und 11). Bei wachsender Beanspruchungszeit verlagert sich der Beginn des Umbiegens zu immer tieferen Temperaturen. Bei sehr kurzen Beanspruchungszeiten bzw. Periodendauern hingegen setzt das Umknicken erst oberhalb der durch dilatometrische Messungen festgelegten Einfriertemperatur ein. Dieses Temperaturverhalten zeigt sich auch in den Kurven $E_r(t)$ und $E'(f)$ der Abb. 8 und 10.

Die Modulwerte bei der Einfriertemperatur $\vartheta_g = 74°\,\mathrm{C}$ sind bei $t = 10^4$ s bzw. bei $f = 10^{-5}$ Hz schon um mehr als das 10fache gegenüber den Werten bei kurzer Beanspruchungszeit gesunken. Dagegen haben die Moduln bei kurzen Beanspruchungszeiten auch oberhalb der Einfriertemperatur noch relativ große Werte.

### *5.2 Die Ermittlung der Aktivierungsenergie aus reaktionskinetischen Betrachtungen*

Aus dem beschriebenen Relaxationsverhalten des Elastizitätsmoduls lassen sich unter Zugrundelegung der *Eyring*schen Theorie der Reaktionsgeschwindigkeit Aufschlüsse

über die Energien erhalten, die nötig sind, um die Platzwechselprozesse auszulösen (46, 89).

Der Platzwechsel der relaxierenden Mechanismen wird als chemische Reaktion aufgefaßt, deren Reaktionsgeschwindigkeit $K$ sich aus der *Arrhenius*schen Gleichung ergibt (2, 4, 9, 41, 46, 60, 64, 65, 85, 88, 89, 90).

$$K = \frac{k\Theta}{h}\, e^{-\frac{\Delta F^{\ddagger}}{k\Theta}} \qquad [34]$$

$k$ = *Boltzmann*-Konstante
$h$ = *Planck*sches Wirkungsquantum
$\Theta$ = absolute Temperatur
$\Delta F^{\ddagger}$ = freie Aktivierungsenergie

Für $K$ setzt man $K = \frac{1}{\tau}$, wobei $\tau$ die Relaxationszeit ist.

Die freie Aktivierungsenergie $\Delta F^{\ddagger}$ läßt sich aufspalten in die innere Energie $\Delta U^{\ddagger}$ und in die gebundene Energie $\Theta\, \Delta S^{\ddagger}$, wobei $\Delta S^{\ddagger}$, die Aktivierungsentropie, ein Maß für die möglichen, freien benachbarten Orientierungslagen darstellt.

Da Druckänderungen im Stoff praktisch nicht auftreten, bezieht man die Zustandsgrößen der obigen Gleichung auf konstanten Druck an Stelle konstanten Volumens und ersetzt die innere Aktivierungsenergie $\Delta U^{\ddagger}$ durch die Aktivierungsenthalpie $\Delta H^{\ddagger}$, die jedoch in der Folge einfach als Aktivierungsenergie bezeichnet werden soll. Bezieht man außerdem die Aktivierungsenergie auf ein Mol relaxierender Mechanismen und nicht mehr auf einen einzelnen relaxierenden Komplex, so lautet die Gleichung endgültig:

$$\tau = \frac{h}{k\Theta}\, e^{-\frac{\Delta S^{\ddagger}}{R}}\, e^{+\frac{\Delta H^{\ddagger}}{R\Theta}}. \qquad [35]$$

Für $\tau$ setzt man eine „mittlere temperaturabhängige Relaxationszeit" $\bar{\tau}$. Im Falle dynamischer Beanspruchung ist sie als die Relaxationszeit $\bar{\tau} = \frac{1}{\bar{\omega}} = \frac{1}{2\pi \bar{f}}$ definiert, bei der der Verlustfaktor $\eta = \operatorname{tg}\delta$ sein Maximum erreicht (5). Das ist aber die Stelle größter Steilheit der Verteilungsfunktionskurve $\log \Phi_{E'} = f(\log f)$. Entsprechend soll die mittlere Relaxationszeit bei statischer Beanspruchung die Relaxationszeit $\bar{\tau} = \bar{t}$ an der steilsten Stelle der Verteilungsfunktionskurve $\log \Phi_{E_r} = f(\log t)$ sein. Die beiden Kurven $\bar{t}\left(\frac{1}{\Theta}\right)$ und $\bar{f}\left(\frac{1}{\Theta}\right)$ sind in Abb. 32 und 33 dargestellt.

### *5.3 Die scheinbare Aktivierungsenergie*

Es ist üblich, die Aktivierungsenergie aus Gl. [35] durch einige Vereinfachungen zu gewinnen, die jedoch nicht immer zulässig sind, keineswegs jedoch im Bereich der Einfriertemperatur. Die Größe $\frac{h}{k\Theta}\, e^{-\frac{\Delta S^{\ddagger}}{R}}$ in Gl. [35] wird dabei als eine konstante Größe $B$ betrachtet[10]) (4, 41, 60, 85). Für Gl. [35] kann

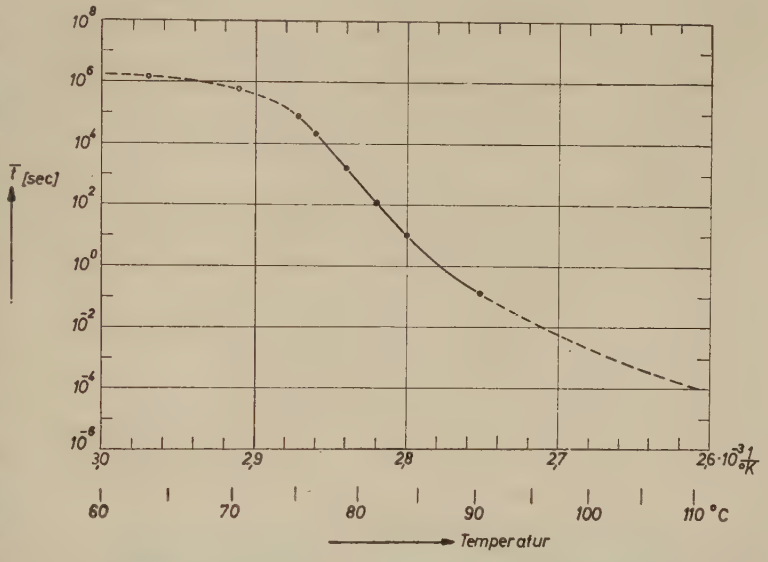



Abb. 32. Polyvinylchlorid (PVC). „Mittlere temperaturabhängige Relaxationszeit" $\bar{\tau} = \bar{t}$ bei statischer Beanspruchung des Stoffes. $\bar{\tau}$ ist die Relaxationszeit an der steilsten Stelle der Verteilungsfunktionskurve $\log \Phi_{Er}(\log t)$

[10]) In (9) und (35) wird nicht $\frac{h}{k\Theta}\, e^{-\frac{\Delta S^{\ddagger}}{R}} = \text{const}$ gesetzt, sondern $e^{-\frac{\Delta S^{\ddagger}}{R}} = \text{const}$;

dann ist $\Delta H^{\ddagger} = 2{,}303 \cdot R \dfrac{d \log \bar{\tau}(\Theta)}{d\frac{1}{\Theta}} - R\Theta$

(vgl. Gl. [37]). In dem interessierenden Temperaturbereich beträgt $R\Theta \approx 0{,}7$ kcal/mol, d. h. es ist eine recht kleine, nahezu konstante Größe, deren Einfluß auf $\Delta H^{\ddagger}$ vernachlässigbar ist; die Charakteristik der Kurven $\Delta H^{\ddagger} = f\left(\frac{1}{\Theta}\right)$, Abb. 34 und 35, wird durch sie nicht verändert. Die vorliegenden Betrachtungen bleiben völlig unbeeinflußt.

man dann schreiben

$$\bar{\tau} = B\, e^{\frac{\Delta H^{\ddagger}}{R\Theta}} \quad . \qquad [36]$$

Aus dieser Gleichung läßt sich die Aktivierungsenergie $\Delta H^{\ddagger}$ ermitteln. Dazu nimmt man allgemein an, daß $\Delta H^{\ddagger}$ eine temperaturunabhängige Größe ist. Die Differentiation der Gl. [36] nach $\frac{1}{\Theta}$ ergibt dann

$$\Delta H^{\ddagger}_{\text{stat}} = 2{,}303\, R\, \frac{d \log \bar{\tau}(\Theta)}{d\frac{1}{\Theta}} \quad . \qquad [37]$$

Dabei ist $\frac{d \log \bar{\tau}(\Theta)}{d\frac{1}{\Theta}}$ wegen $\bar{\tau} = \bar{t}$ gleich der Steigung an die Kurve $\bar{t}\left(\frac{1}{\Theta}\right)$ in Abb. 32[11]).

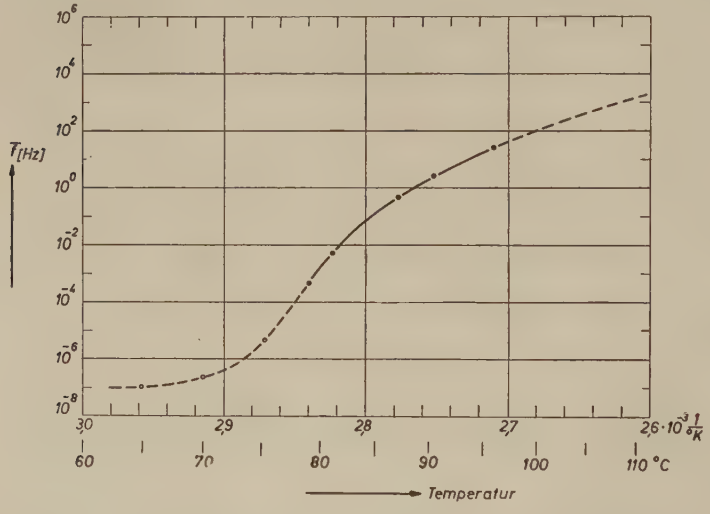



Abb. 33. Polyvinylchlorid (PVC). Frequenz $\bar{f}$, die der „mittleren temperaturabhängigen Relaxationszeit" $\bar{\tau} = \frac{1}{2\pi\bar{f}}$ bei dynamischer Beanspruchung des Stoffes entspricht. $\bar{\tau} = \frac{1}{2\pi f}$ ist die Relaxationszeit an der steilsten Stelle der Verteilungsfunktionskurve $\log \Phi_{E'}(\log f)$

Die für $\Delta H^{\ddagger}_{\text{stat}}$ ermittelten Werte, aufgetragen über der reziproken absoluten Temperatur $\frac{1}{\Theta}$, zeigt Abb. 34. Man erkennt, daß die Voraussetzung $\Delta H^{\ddagger} = \text{const}$ *nicht* zutrifft. Daher wird allgemein die so ermittelte Größe $\Delta H^{\ddagger}$ als „scheinbare" Aktivierungsenergie bezeichnet.

Im Einfrierbereich bei 64° C hat die „scheinbare" Aktivierungsenergie $\Delta H^{\ddagger}_{\text{stat}}$ den relativ kleinen Wert von 20 kcal/mol, steigt dann aber rasch an; bei der Einfriertemperatur $\vartheta_g = 74°$ C beträgt $\Delta H^{\ddagger}_{\text{stat}} = 150$ kcal/mol und bei 78,3° C erreicht sie mit $\Delta H^{\ddagger}_{\text{stat}} \approx 270$ kcal/mol ein Maximum. Bei weiterem Temperaturanstieg wird $\Delta H^{\ddagger}_{\text{stat}}$ wieder kleiner. Bei 91,0° C beträgt die „scheinbare" Aktivierungsenergie nur noch 145 kcal/mol. Bei noch höheren Temperaturen scheint die Kurve, wie man aus $\frac{d \log \bar{\tau}(\Theta)}{d\frac{1}{\Theta}}$, Abb. 32 oder aus Abb. 22 schließen kann, in einen nahezu horizontalen Verlauf mit $\Delta H^{\ddagger}_{\text{stat}} \approx 77$ kcal/mol überzugehen.

Zur Berechnung der Aktivierungsenergie aus dynamischen Messungen wird $\bar{\tau}(\Theta)$ durch $\frac{1}{\bar{\omega}(\Theta)}$ ersetzt, wobei $\bar{\omega}(\Theta)$ die Kreisfrequenz bedeutet, bei der die mittlere Relaxationszeit der relaxierenden Mechanismen vorliegt. Dann ist

$$\Delta H^{\ddagger}_{\text{dyn}} = -2{,}303\, R\, \frac{d \log \bar{\omega}(\Theta)}{d\frac{1}{\Theta}} \quad . \qquad [38]$$

Dabei ergibt sich $\frac{d \log \bar{\omega}(\Theta)}{-d\frac{1}{\Theta}}$ als Steigung an die Kurve $\bar{f}\left(\frac{1}{\Theta}\right)$ der Abb. 33[12]).

Die so ermittelte Aktivierungsenergie $\Delta H^{\ddagger}_{\text{dyn}}$ ist in Abb. 35 aufgetragen.

Auch hier wird die Voraussetzung $\Delta H^{\ddagger}_{\text{dyn}} = \text{const}$ *nicht* bestätigt. Deshalb muß auch in diesem Falle bei sinusförmig periodischer Beanspruchung des Stoffes die so gefundene Größe $\Delta H^{\ddagger}_{\text{dyn}}$ als „scheinbare" Aktivierungsenergie bezeichnet werden.

$\Delta H^{\ddagger}_{\text{dyn}}$ zeigt ein entsprechendes Verhalten wie $\Delta H^{\ddagger}_{\text{stat}}$. Das Maximum liegt bei der gleichen Temperatur $\vartheta = 78{,}3°$ C, erreicht aber den etwas höheren Wert von 320 kcal/mol. Die Messungen im Tonfrequenzbereich

[11]) $\frac{d \log \bar{\tau}(\Theta)}{d\frac{1}{\Theta}}$ kann, da $\bar{\tau}(\Theta)$ und $a_t(\Theta)$ parallel verlaufen, auch aus der Steigung an die Verschiebungskurve $\log a_t = f\left(\frac{1}{\Theta}\right)$ der Abb. 22 ermittelt werden (8, 14).

[12]) Die Werte $-\frac{d \log \bar{\omega}(\Theta)}{d\frac{1}{\Theta}}$ können auch als Steigung der Verschiebungskurve $\log a_f\left(\frac{1}{\Theta}\right)$, Abb. 24, ermittelt werden.

ermöglichen es, die Kurve bis zur Temperatur 96° C auszudehnen. Der flacher werdende Verlauf der Kurve scheint in den von *G. W. Becker* bestimmten temperaturunabhängigen Wert von 77 kcal/mol überzugehen (4).

Zum Vergleich sind in Abb. 35 einige Werte von anderen Autoren eingetragen. Der Anstieg der von *G. W. Becker* ermittelten Aktivierungsenergie setzt erst bei tieferen Temperaturen ein; die Gründe werden im Abschn. 7 erklärt. Die von *Davies, Miller* und *Busse* aus dielektrischen Messungen erhaltenen Werte (18) stimmen etwa mit den in dieser Arbeit gefundenen überein, während die Werte von *Fuoss*, die auch aus dielektrischen Messungen stammen (29), zwischen den von *G. W. Becker* und den in dieser Arbeit gefundenen Werten liegen.

### *5.4 Die „wirkliche" Aktivierungsenergie*

Die durch die beiden Kurven $\Delta H^{\ddagger}_{\text{stat}}$ und $\Delta H^{\ddagger}_{\text{dyn}}$, Abb. 34 und 35, erwiesene Unzulässigkeit der Voraussetzung

$$\Delta H^{\ddagger}(\Theta) = \text{const}$$

wird von verschiedenen Autoren, die ebenfalls Messungen im Temperaturgebiet dicht oberhalb der Einfriertemperatur durchgeführt haben, bestätigt (4, 8, 10, 14, 41, 91). Von der Temperatur unabhängig ist die Aktivierungsenergie, wie aus einer Reihe anderer Messungen bekannt ist, lediglich genügend weit oberhalb der Einfriertemperatur. Nur dort stimmen offensichtlich die „scheinbare" Aktivierungsenergie und die „wirkliche" Aktivierungsenergie überein.

Das Problem, den Verlauf der „wirklichen" Aktivierungsenergie im gesamten interessierenden Temperaturbereich, vor allem also auch im Bereich der Einfriertemperatur, zu bestimmen und daraus eventuell den Ablauf der Relaxation genauer zu deuten, wird durch das Nichtzutreffen der zunächst angenommenen Voraussetzungen sehr erschwert.

Wenn die *Arrhenius*sche Gleichung überhaupt Aufschlüsse über die Aktivierungsgrößen zu geben vermag, dann können diese nur aus einer exakten Lösung dieser Gleichung gewonnen werden. Die Aktivierungsenergie und die Aktivierungsentropie müssen dabei als zwei temperaturabhängige unbekannte Größen angesehen werden. Im Zustand thermodynamischen Gleichgewichtes sind $\Delta H^{\ddagger}(\Theta)$ und $\Delta S^{\ddagger}(\Theta)$ über einen Ausdruck miteinander verknüpft, welcher der thermodynamischen Zustandssumme entspricht (64, 65). Relaxationsbetrachtungen sind aber gerade Betrachtungen von Nichtgleichgewichtszuständen. Beide Größen,

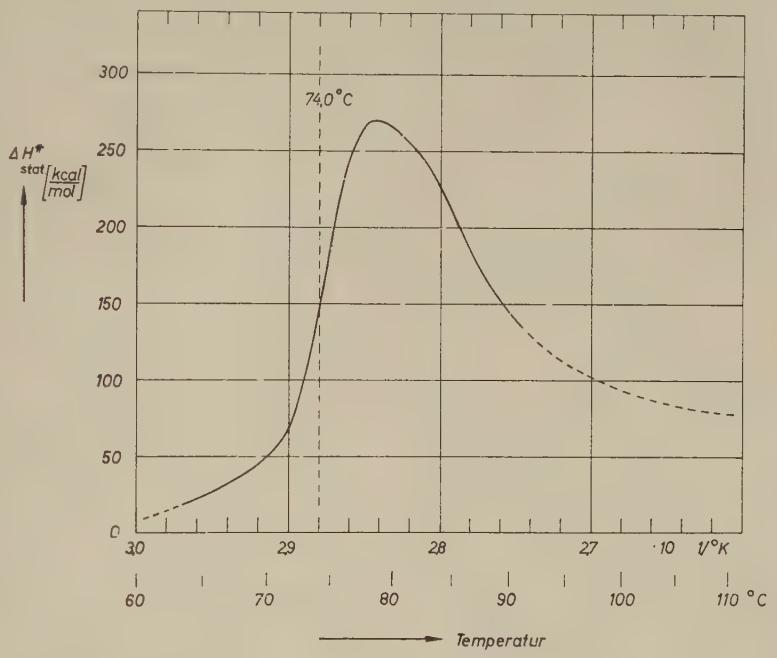



Abb. 34. Polyvinylchlorid (PVC). Temperaturabhängigkeit der aus statischen Messungen ermittelten „scheinbaren Aktivierungsenergie" $\Delta H^{\ddagger}_{\text{stat}}$ [kcal/mol], aufgetragen über der reziproken absoluten Temperatur $\frac{1}{\Theta}\left[\frac{1}{°K}\right]$

$\Delta H^{\ddagger}(\Theta)$ und $\Delta S^{\ddagger}(\Theta)$, könnten daher bei relaxierenden Stoffen voneinander völlig unabhängige Funktionen der Temperatur sein.

*J. Koppelmann* hat versucht, die Aktivierungsenergie als temperaturabhängige Größe aus der *Arrhenius*-Gleichung durch eine Reihenentwicklung zu berechnen (41). Dabei stellt er fest, daß der Verlauf bei der wirklichen Aktivierungsenergie flacher sein muß als bei der scheinbaren Aktivierungsenergie; „endgültige Entscheidungen über den wahren Verlauf lassen sich jedoch nicht treffen, solange nicht auf Grund anderer Experimente zusätzliche Aussagen über die Größe der Aktivierungsenergie zur Verfügung stehen".

*5.5 Die freie Aktivierungsenergie bei dynamischer Beanspruchung*

Die einzige Aktivierungsgröße, über die sich unter diesen Umständen auch im Bereich um die Einfriertemperatur Aussagen machen lassen, ist die freie Aktivierungsenthalpie $\Delta G^{\ddagger}(\Theta)$, auch *Gibbs*sche freie Aktivierungsenthalpie genannt, die analog zur Bezeichnung für die Aktivierungsenthalpie $\Delta H^{\ddagger}(\Theta)$ hier auch kurz als freie Aktivierungs*energie* bezeichnet werden soll. Es ist

$$\Delta G^{\ddagger}(\Theta) = \Delta H^{\ddagger}(\Theta) - \Theta\, \Delta S^{\ddagger}(\Theta). \qquad [39]$$

Die freie Aktivierungsenergie ist die Energie, die den molekularen Mechanismen je Mol zusätzlich zu der durch die Temperatur und durch die Molekülkonstellation bereits vorhandenen gebundenen Energie $\Theta\, \Delta S^{\ddagger}(\Theta)$ noch zugeführt werden muß, um die Platzwechselvorgänge im Stoff auszulösen.

Die vollständige *Arrhenius*-Gleichung für den Fall dynamischer Beanspruchung folgt aus Gl. [35] (60). Mit $\frac{1}{\tau} = \omega = \overline{\omega}$ lautet sie:

$$\overline{\omega}(\Theta) = \frac{k\Theta}{h}\, e^{\frac{\Delta S^{\ddagger}_{\mathrm{dyn}}(\Theta)}{R}}\, e^{-\frac{\Delta H^{\ddagger}_{\mathrm{dyn}}(\Theta)}{R\Theta}} \qquad [40]$$

oder

$$\overline{\omega}(\Theta) = \frac{k\Theta}{h}\, e^{-\frac{\Delta G^{\ddagger}_{\mathrm{dyn}}(\Theta)}{R\Theta}}. \qquad [41]$$

Logarithmiert wird daraus:

$$\ln \overline{\omega}(\Theta) = \ln \frac{k\Theta}{h} - \frac{\Delta G^{\ddagger}_{\mathrm{dyn}}(\Theta)}{R\Theta}. \qquad [42]$$

Die freie Aktivierungsenergie ist dann:

$$\Delta G^{\ddagger}_{\mathrm{dyn}}(\Theta) = \Theta R \ln \frac{k\Theta}{h} - \Theta R \ln \overline{\omega}(\Theta). \qquad [43]$$

Die Werte für $\ln \overline{\omega}(\Theta)$ können aus Abb. 33 ermittelt werden. Der Kurvenverlauf der freien Aktivierungsenergie $\Delta G^{\ddagger}_{\mathrm{dyn}}(\Theta)$ ist in Abb. 36 dargestellt; die Abszisse ist dort allerdings, wie auch bei den entsprechenden statischen Werten, in Celsiusgrade eingeteilt worden.

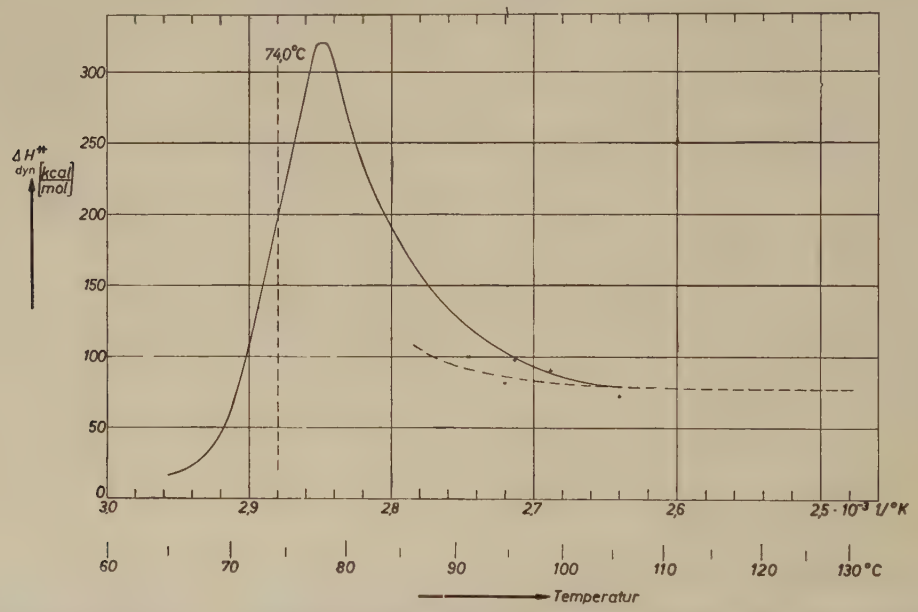



Abb. 35. Polyvinylchlorid (PVC). Temperaturabhängigkeit der aus dynamischen Messungen ermittelten „scheinbaren Aktivierungsenergie" $\Delta H^{\ddagger}_{\mathrm{dyn}}$(kcal/mol], aufgetragen über der reziproken absoluten Temperatur $\frac{1}{\Theta}\left[\frac{1}{°\mathrm{K}}\right]$

---- Ermittelt von *G. W. Becker* (4).
\+ Ermittelt aus dielektrischen Messungen von *Davies, Miller* und *Busse* (18).
× Ermittelt aus dielektrischen Messungen von *Fuoss* (28)

Vielfach wird die Richtigkeit des Faktors $\frac{k\Theta}{h}$, dessen Logarithmus in die obige Gleichung eingeht, angezweifelt (60). Eine Änderung dieser Größe um den Faktor 100 bringt im interessierenden Temperaturbereich aber nur eine Änderung von $\Delta G^{\ddagger}_{\mathrm{dyn}}(\Theta)$, die kleiner als 20% ist. Mit einiger Annäherung darf die Größe $\Delta G^{\ddagger}_{\mathrm{dyn}}(\Theta)$, die sich aus Gl. [43] ergibt, somit wohl als richtig angesehen werden.

Die Kurve für die freie Aktivierungsenergie $\Delta G^{\ddagger}_{\mathrm{dyn}}(\Theta)$ hat ein flaches Maximum $\Delta G^{\ddagger}_{\mathrm{dyn}} = 29{,}5$ kcal/mol, bei etwa 68 bis

70° C, also noch innerhalb des eigentlichen eingefrorenen Bereiches. Zu tieferen Temperaturen hin verringert sich $\Delta G^{\ddagger}_{dyn}(\Theta)$ nur sehr geringfügig; bei 60° C beträgt die freie Aktivierungsenergie noch immer 29,2 kcal/mol.

Bei Temperaturen oberhalb des Maximums sinkt $\Delta G^{\ddagger}_{dyn}(\Theta)$ zunächst auch nur wenig ab. Bei 74° C, der Einfriertemperatur, beträgt $\Delta G^{\ddagger}_{dyn} = 28{,}5$ kcal/mol. Nach Überschreiten

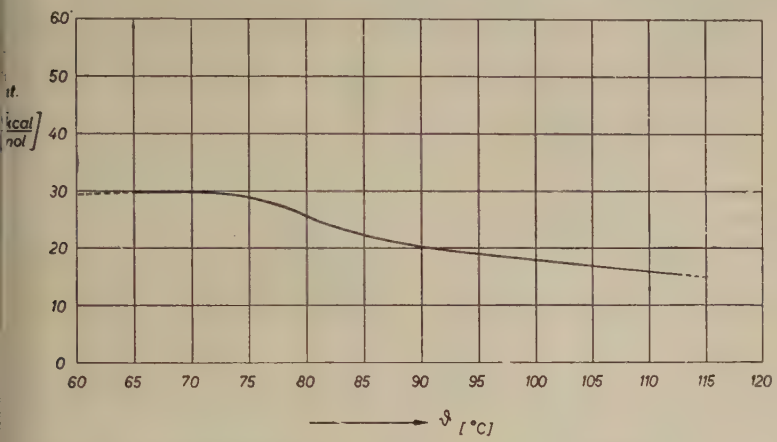



Abb. 36. Polyvinylchlorid (PVC). Freie Aktivierungsenergie $\Delta G^{\ddagger}_{dyn}$ in Abhängigkeit von der Temperatur

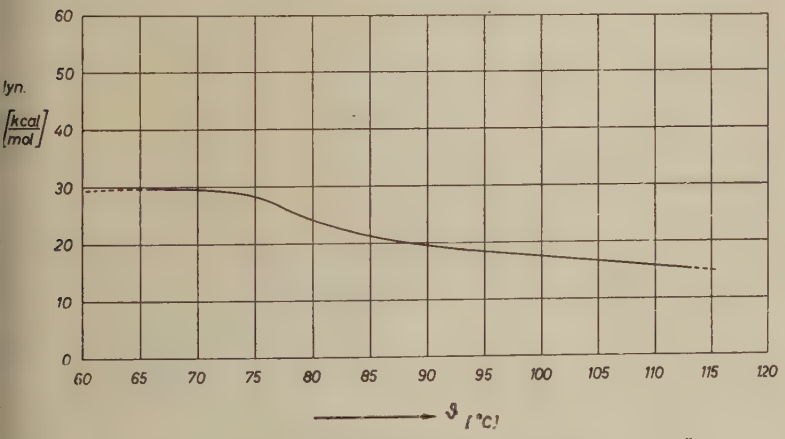



Abb. 37. Polyvinylchlorid (PVC). Freie Aktivierungsenergie $\Delta G^{\ddagger}_{stat}$ in Abhängigkeit von der Temperatur

dieser Temperatur aber setzt ein merklicher Abfall der Kurve $\Delta G^{\ddagger}_{dyn}(\Theta)$ ein. Bei 100° C beträgt $\Delta G^{\ddagger}_{dyn}$ nur noch 17,5 kcal/mol. Die Steilheit der Kurve ist in diesem Temperaturbereich jedoch schon wieder geringer. Entsprechend der konstanten Aktivierungsenergie $\Delta H^{\ddagger}_{dyn}(\Theta)$ und der konstanten Aktivierungsentropie $\Delta S^{\ddagger}_{dyn}(\Theta)$, die sich gemäß Gl. [38] in diesem Bereich ergeben (vgl. Abb. 35), zeigt $\Delta G^{\ddagger}_{dyn}(\Theta)$ oberhalb von etwa 105° C eine konstante Neigung, die sich für $\Delta H^{\ddagger}_{dyn}(\Theta) = \text{const}$ und $\Delta S^{\ddagger}_{dyn}(\Theta) = \text{const}$ aus Gl. [39] ergibt.

### *5.6 Die freie Aktivierungsenergie bei statischer Beanspruchung*

Ebenso wie aus den Messungen bei dynamischer Beanspruchung läßt sich die freie Aktivierungsenergie aus den Messungen bei statischer Beanspruchung bestimmen.

Für die statische Beanspruchung und mit $\tau = \bar{\tau} = \bar{t}$ lautet die vollständige *Arrhenius*-Gleichung

$$\bar{t} = \frac{h}{k\Theta}\, e^{-\frac{\Delta S^{\ddagger}_{stat}(\Theta)}{R}}\, e^{+\frac{\Delta H^{\ddagger}_{stat}(\Theta)}{R\Theta}} \qquad [44]$$

oder

$$\bar{t} = \frac{h}{k\Theta}\, e^{-\frac{\Delta G^{\ddagger}_{stat}(\Theta)}{R\Theta}}\,. \qquad [45]$$

Logarithmiert und geordnet wird daraus

$$\Delta G^{\ddagger}_{stat}(\Theta) = -\Theta R \ln \frac{h}{k\Theta} + \Theta R \ln \bar{t}(\Theta)\,. \qquad [46]$$

Für $\bar{t}(\Theta)$ werden die Werte aus Abb. 32 in die Gleichung eingesetzt. Der Kurvenverlauf für $\Delta G^{\ddagger}_{stat}(\Theta)$ ist in Abb. 37 dargestellt. Für den Wert $-\ln \frac{h}{k\Theta}$ gilt das gleiche wie bei der dynamischen Beanspruchung für $\ln \frac{k\Theta}{h}$.

Der Verlauf der Kurve $\Delta G^{\ddagger}_{stat}(\Theta)$ entspricht nahezu völlig dem der Kurve $\Delta G^{\ddagger}_{dyn}(\Theta)$. Alle Betrachtungen und Vergleiche, die im Falle der dynamischen Beanspruchung angestellt wurden, gelten in gleicher Weise bei der statischen Beanspruchung.

### *5.7 Die freie Aktivierungsenergie und ihr Verhältnis zu anderen Aktivierungsgrößen*

Vergleicht man die Kurve für $\Delta G^{\ddagger}_{dyn}(\Theta)$, Abb. 36, und die Kurve für die scheinbare Aktivierungsenergie $\Delta H^{\ddagger}_{dyn}(\Theta)$, Abb. 35, miteinander, so fällt der Unterschied bezüglich der Höhe und der Lage des Maximums auf. Während die Kurve der scheinbaren Aktivierungsenergie steile Flanken hat und einen

Gipfelpunkt mit $\Delta H_{dyn}(\Theta) = 320$ kcal/mol bei 78,2° C aufweist, hat das Maximum von $\Delta G^{\ddagger}(\Theta)$ nur flache Flanken und einen Gipfelpunkt von 29,5 kcal/mol bei 69° C.

Wenn der gesamte Verlauf der scheinbaren Aktivierungsenergie identisch mit dem der wirklichen Aktivierungsenergie wäre, so wäre die Differenz zwischen $\Delta H^{\ddagger}(\Theta)$ und $\Delta G^{\ddagger}(\Theta)$ gleich der gebundenen Aktivierungsenergie $\Theta\,\Delta S^{\ddagger}(\Theta)$. Die Aktivierungsentropie $\Delta S^{\ddagger}(\Theta)$ würde dann im wesentlichen einen zu $\Delta H^{\ddagger}(\Theta)$ parallelen Verlauf haben. Das bedeutet, daß sie ihren Wert allein oberhalb der Einfriertemperatur um etwa das 5fache ändern würde. Eine solch große Änderung erscheint aber wenig wahrscheinlich, da kaum anzunehmen ist, daß sich die Aktivierungsentropie sehr viel stärker als das freie Volumen im Stoff ändern wird. Dessen Änderungen sind aber nach Gl. [32], wenn man den für verschiedene Polymere berechneten Wert $v_g = 0{,}025$ einsetzt (17), sehr viel kleiner.

Nimmt man an, daß sich die Aktivierungsentropie in Abhängigkeit von der Temperatur nicht oder nur sehr wenig ändert, und nimmt man ferner an, daß der Verlauf der scheinbaren Aktivierungsenergie, soweit er bei hohen Temperaturen horizontal verläuft, identisch ist mit dem Verlauf der wirklichen Aktivierungsenergie, so würde sich auf Grund der freien Aktivierungsenergie $\Delta G^{\ddagger}(\Theta)$ nach Gl. [39] für die Aktivierungsenergie $\Delta H^{\ddagger}(\Theta)$ ein Kurvenverlauf ergeben, der ein flaches Maximum von etwa 84 kcal/mol bei etwa 72° C aufweisen würde und oberhalb von 97° C in ein konstantes $\Delta H^{\ddagger} = 77$ kcal/mol übergeht; $\Delta S^{\ddagger}$ hätte dann einen Wert von etwa 0,16 kcal/mol grd. Dieser Wert ergibt sich aus der scheinbaren Aktivierungsenergie bei hohen Temperaturen.

Wirklich gültige Aussagen über den Verlauf von $\Delta H^{\ddagger}(\Theta)$ und $\Delta S^{\ddagger}(\Theta)$ im Bereich der Einfriertemperatur lassen sich z. Z. jedoch noch nicht machen. Es ist daher auch noch nicht möglich, aus dieser Sicht heraus Überlegungen über die Größe und Art der in den einzelnen Temperaturbereichen relaxierenden Molekülkomplexe anzustellen.

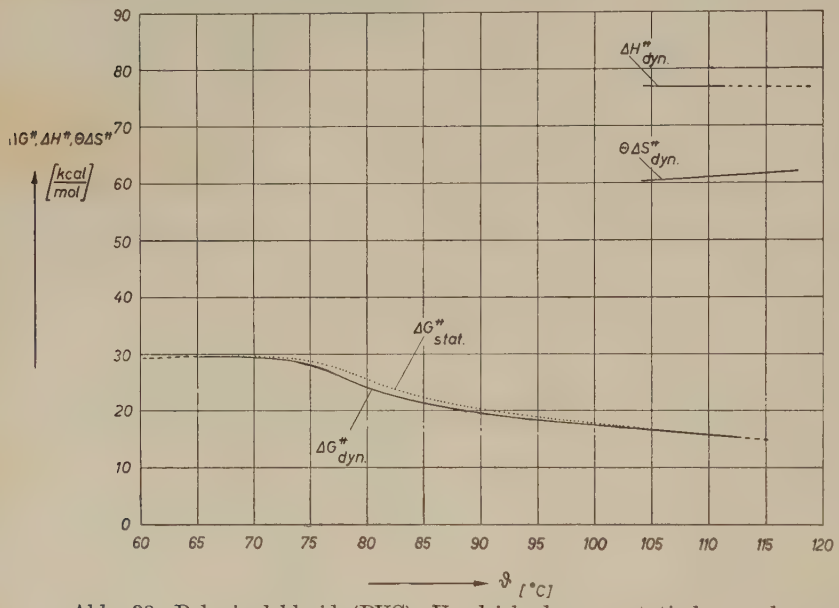



Abb. 38. Polyvinylchlorid (PVC). Vergleich der aus statischen und aus dynamischen Messungen ermittelten freien Aktivierungsenergien $\Delta G^{\ddagger}_{stat}(\vartheta)$ und $\Delta G^{\ddagger}_{dyn}(\vartheta)$. Für den Bereich höherer Temperaturen sind auch die Aktivierungsenergie $\Delta H^{\ddagger}_{dyn}(\vartheta)$ und die gebundene Aktivierungsenergie $\Theta\,\Delta S^{\ddagger}_{dyn}(\vartheta)$ eingetragen. Bei niedrigeren Werten sind die „wirklichen" Werte dieser Größen unbekannt

### 5.8 *Vergleich der Kurven $\Delta G^{\ddagger}(\Theta)$ für statische und dynamische Beanspruchung*

In Abb. 38 sind die Kurven $\Delta G^{\ddagger}_{dyn}(\Theta)$ und $\Delta G^{\ddagger}_{stat}(\Theta)$ der freien Aktivierungsenergie bei dynamischer und statischer Beanspruchung in einem gemeinsamen Diagramm dargestellt. Im Temperaturbereich zwischen etwa 70° C und 105° C ist die freie Aktivierungsenergie für statisch beanspruchte Prüflinge größer als für dynamisch beanspruchte. Der Unterschied beträgt oberhalb der Einfriertemperatur bis zu 1,5 kcal/mol. Diese Differenz ist durch den unterschiedlichen Verlauf der Kurven $\bar{\tau}_{stat} = \bar{t}(\Theta)$ und $\bar{\tau}_{dyn} = \frac{1}{\bar{\omega}}(\Theta)$, die sich aus Abb. 32 und 33 ergeben und die gemeinsam in Abb. 39 dargestellt sind, bedingt (vgl. Gl. [43] und [46]). Der Unterschied besteht jedoch nur im eigentlichen Dispersionsgebiet; im eingefrorenen und im gummielastischen Bereich des Stoffes stimmen $\frac{1}{\bar{\omega}}(\Theta)$ und $\bar{t}(\Theta)$ und somit auch $\Delta G^{\ddagger}_{dyn}(\Theta)$ und $\Delta G^{\ddagger}_{stat}(\Theta)$ überein.

Aus dem im wesentlichen gleichartigen Verlauf der freien Aktivierungsenergie bei

statischer und dynamischer Beanspruchung und aus dem nahezu gleichartigen Verlauf der Verteilungsfunktionen aus statischen und dynamischen Messungen muß geschlossen werden, daß die relaxierenden molekularen Mechanismen oder Platzwechselkomplexe bei den verschiedenen Beanspruchungsarten bei gleichen Temperaturen dieselben sind. Es besteht offenbar nur eine kleine zeitliche Verschiebung zwischen den Platzwechselvorgängen, die bei sonst gleichen äußeren Bedingungen zu der etwas größeren Relaxationszeit im Fall der statischen Beanspruchung führt.

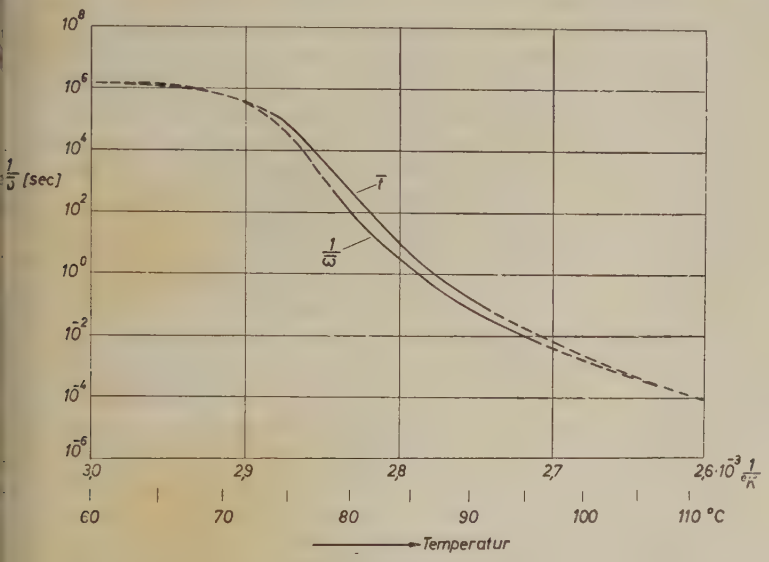



Abb. 39. Polyvinylchlorid (PVC). Vergleich der „mittleren temperaturabhängigen Relaxationszeiten" $\bar{\tau} = \bar{t}$ und $\bar{\tau} = \frac{1}{2\pi\bar{f}}$ (vgl. Abb. 32 und 33)

Sicher darf man annehmen, daß die gesamte zur Auslösung der Platzwechsel erforderliche Energie, das ist die innere Aktivierungsenergie $\Delta H^{\ddagger}(\Theta)$, bei beiden Beanspruchungsarten, statisch und dynamisch, die gleiche ist; denn die Bindungskräfte der Atome oder Kettensegmente zu ihren Nachbaratomen und -segmenten werden nicht erst durch die Beanspruchungen gegeben.

Unterschiede in der freien Aktivierungsenergie, die sich bei gleicher Temperatur zwischen statischer und dynamischer Beanspruchung ergeben, sind dann aber nur durch Unterschiede in der gebundenen Aktivierungsenergie $\Theta\, \Delta S^{\ddagger}(\Theta)$ bedingt. Das bedeutet, daß die Aktivierungsentropien $\Delta S^{\ddagger}(\Theta)$ sich bei statischer und dynamischer Beanspruchung unterscheiden müssen:

$$\Delta S^{\ddagger}_{\text{stat}} \neq \Delta S^{\ddagger}_{\text{dyn}}. \qquad [47]$$

Zu dem gleichen Ergebnis hatten schon die Überlegungen über die unterschiedlichen Verteilungsfunktionen $\Phi_{\text{stat}}(t)$ und $\Phi_{\text{dyn}}\left(\frac{1}{\omega}\right)$ im Abschn. 4 geführt. Es wurde dort versucht, die Unterschiede auf eine unterschiedliche Strukturauflockerung, also auf unterschiedliche freie Volumina, bei statischer und bei dynamischer Beanspruchung zurückzuführen.

### 6. Folgerungen für die Anwendung der linearen Relaxationstheorie

Bereits im Abschn. 4.7 wurde darauf hingewiesen, daß die Anwendung des *Boltzmann*schen Superpositionsprinzipes auch bei kleinen Deformationen möglicherweise schon problematisch ist. Es scheint darum angebracht, an dieser Stelle einige Betrachtungen über das Superpositionsprinzip und seine Verknüpfung mit der linearen Relaxationstheorie anzustellen.

Die von *B. Groß, A. J. Staverman, F. Schwarzl, S. Kästner* und *E. Schlosser* formulierten Grundbeziehungen der linearen skalaren Relaxationstheorie beschreiben die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Relaxations- und Retardationsgrößen viskoelastischer Stoffe. Insbesondere beschreibt die Theorie auch den Zusammenhang zwischen den Elastizitätsmoduln bei statischer und bei dynamischer Beanspruchung im linearen Bereich. Das verbindende Glied zwischen allen diesen Beziehungen ist die Relaxationszeiten-Verteilungsfunktion. Sie ist eine dem Stoff eigene, von der Art der Beanspruchung unabhängige Materialfunktion.

Die einzige Voraussetzung, die dieser Theorie zugrunde liegt, ist die Gültigkeit des *Boltzmann*schen Superpositionsprinzipes. Allgemein nimmt man bei genügend kleinen Deformationen der Prüflinge an, daß dieses Gesetz gewährleistet ist. Experimentell sieht man seine Gültigkeit als bestätigt an, wenn bei konstanter Beanspruchungszeit die Spannungsamplitude linear mit der Deformationsamplitude anwächst.

*F. H. Müller* hat genauere Angaben gemacht über die physikalischen Voraussetzungen, die für die Anwendung des Super-

positionsgesetzes in der linearen skalaren Theorie erfüllt sein müssen (63).

Betrachtet man einen einzelnen Relaxationsmechanismus, so müssen zeitlich aufeinanderfolgende Beanspruchungen die gleiche Gesamtwirkung hervorrufen, die sich auch bei der Summation aller Einzelbeanspruchungen ergeben würde. Kürzer ausgedrückt heißt das, die „Linearität für den einzelnen Effekt" ist nötig, damit die Superponierbarkeit zu Recht besteht.

Besitzt ein System viele Relaxationsmechanismen, wie es bei Hochpolymeren der Fall ist, mit unterschiedlichen Relaxationszeiten und verschiedenen Reaktionsamplituden, so muß außerdem verlangt werden, daß jeder einzelne Mechanismus für sich unabhängig davon reagiert, ob und in welcher Weise gerade einer der anderen Mechanismen beansprucht wird. Die einzelnen Mechanismen müssen also voneinander unabhängig sein. Während die erste Bedingung des linearen Verhaltens prinzipiell stets durch genügend kleine Beanspruchungsamplituden experimentell realisierbar ist, kann eine gegenseitige Beeinflussung selbst bei kleinsten Amplituden wirksam sein. Wenn dies aber der Fall ist, so kann damit die lineare skalare Viskoelastizitätstheorie in Frage gestellt sein.

*J. Kubát* hat nun eine Theorie aufgestellt, (43, 44, 45), die die Relaxationserscheinungen statistisch zu deuten versucht. Diese Theorie ist nicht auf unabhängig voneinander ablaufende Prozesse beschränkt. Kopplungen von Platzwechseln können dabei durchaus eine Rolle spielen [vgl. hierzu auch (41)], selbst bei sehr kleinen Beanspruchungen. Die Theorie ist also gemäß den oben zitierten Bedingungen für lineares Verhalten eine nichtlineare Theorie. *Kubát* unterscheidet jedoch zwischen einer Nichtlinearität in bezug auf die Deformation und einer Nichtlinearität in bezug auf die Zeit. Das nichtlineare Verhalten in bezug auf die Deformation gehorcht nicht mehr dem Superpositionsprinzip von *Boltzmann* und läßt sich nicht mit dem Begriff eines Relaxationszeitenspektrums erklären. Ein nichtlineares Verhalten bezüglich der Zeit, ein „nicht-Maxwellsches" Verhalten [vgl. (44), insbesondere die Diskussion dort), kann aber durchaus noch mit Hilfe des Superpositionsprinzipes beschrieben werden. Es führt lediglich zu einer Verschiebung der Relaxationszeiten infolge von Koppeleffekten, weil der Eintritt eines Elementarprozesses (Platzwechsel) weitere Platzwechselprozesse zeitlich bevorzugt oder verzögert eintreten läßt [vgl. hierzu die Diskussionsbemerkungen in (44), insbesondere von *F. Schwarzl* und *F. H. Müller*].

Diese *Kubát*schen Überlegungen zeigen, daß die Gültigkeit des eigentlichen *Boltzmann*schen Prinzipes, also der Superponierbarkeit bezüglich der Deformation, nur von der ersten von *F. H. Müller* genannten Bedingung abhängt, von der Linearität des einzelnen Effektes.

Die gegenseitige Beeinflussung der Mechanismen, ein „nicht-Maxwellsches" Verhalten, also die Nichtlinearität bezüglich der Zeit, würde zwar zu einer Abhängigkeit des *Relaxationszeitenspektrums* von der Beanspruchungsamplitude, vielleicht auch von der zeitlichen Form der Beanspruchung, führen; die Linearität bezüglich der Deformation, die Superponierbarkeit der Einzeleffekte also, müßte jedoch erhalten bleiben.

Die lineare skalare Relaxationstheorie setzt bei ihrer Forderung nach Linearität sowohl die Linearität bezüglich der Deformation als auch die Linearität bezüglich der Zeit voraus. *F. H. Müller* hat beide Voraussetzungen unter dem Begriff Superponierbarkeit vereint (63). Es ist aber vielleicht besser, nicht einfach von der Superponierbarkeit als Voraussetzung für die Anwendung der linearen skalaren Theorie viskoelastischer Stoffe zu sprechen, sondern von der Linearität der molekularen Effekte im Stoff sowohl bezüglich der Deformation als auch bezüglich des Verhaltens in Abhängigkeit von der Zeit.

Die Forderung nach der Linearität der Zeit ist es aber nun offenbar, deren Erfüllung beim Vergleich der statischen und dynamischen Messungen dieser Arbeit, insbesondere im Hauptrelaxationsbereich des untersuchten Stoffes, nicht bestätigt werden kann. Während die eigentliche Superponierbarkeit, die Linearität bezüglich der Deformation, bei den geschilderten statischen und dynamischen Messungen gewährleistet ist, treten in den Relaxationszeitenverteilungsfunktionen aus den statischen und aus den dynamischen Messungen Unterschiede auf, die wohl nur durch eine „Nichtlinearität bezüglich der Zeit", durch ein unterschiedliches Zeitverhalten bei statischen und bei dynamischen Messungen, erklärt werden können.

### 7. Abhängigkeit der elastischen Eigenschaften des PVC von der thermischen und mechanischen Vorgeschichte

Ein Punkt, der bei der Durchführung dieser Arbeit zu Anfang viel Schwierigkeiten bereitete, war die Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse. Nachdem sichergestellt war, daß

die Meßgenauigkeit der Apparaturen den Anforderungen genügte, lag es auf der Hand, daß die Schwierigkeiten nur durch den Stoff selbst bedingt waren. Daß das Relaxationsverhalten von Hochpolymeren eine starke Abhängigkeit von der thermischen und mechanischen Vorgeschichte aufweisen kann, ist bekannt (60). Zusammenfassend hat *H. Thurn* auf der Diskussionstagung 1958 (Bad Nauheim) über den heutigen Stand der Erkenntnisse auf diesem Gebiet berichtet (87).

Bei gleichen äußeren Bedingungen sind die elastischen Eigenschaften eines Stoffes nur dann reproduzierbar, wenn auch die Verhältnisse im Innern des Stoffes vor Beginn der Messungen dieselben sind; der thermodynamische Zustand der Atome oder Moleküle darf keine Veränderungen erfahren haben. Nach statistischen Gesetzen müssen dann bei gleichen Beanspruchungsverhältnissen die gleichen elementaren Umlagerungsprozesse im Stoff stattfinden. Insbesondere ist dies der Fall, wenn sich alle Elementarmechanismen des Stoffes vor Beginn der Messung im Zustand des thermodynamischen Gleichgewichts befanden. Wird dieser Zustand gestört, z. B. durch eine aufgezwungene Deformation, dann setzen die als Relaxationen bezeichneten Ausgleichsvorgänge ein, durch die ein stabiler thermodynamischer Zustand wiederhergestellt wird. Fehlen jedoch in einem Stoff mit gestörtem thermodynamischen Gleichgewicht gesteuerte Platzwechsel, die dieses Gleichgewicht wieder herzustellen trachten, dann kann der gestörte Zustand „einfrieren", d. h. der Körper bleibt innerlich verspannt.

Es können aber auch chemische oder physikalische Veränderungen des Stoffes sein, die zu einer Änderung des ursprünglichen thermodynamischen Gleichgewichtes und damit zu einem anderen Stoffverhalten führen. Zum Beispiel können sich niedermolekulare Bestandteile, die in hochpolymeren Stoffen enthalten sind, verflüchtigen, Vernetzungsstellen zwischen den Molekülen können entstehen und verschwinden, oder Kristallstrukturen können sich bilden.

Es sollen nun die bei der Durchführung dieser Arbeit beobachteten durch die thermische oder mechanische Vorgeschichte bedingten Erscheinungen beschrieben werden. Da die Untersuchungen an Polyvinylchlorid (PVC) durchgeführt wurden, beziehen sich die im folgenden beschriebenen Beobachtungen auf diesen Stoff.

Zunächst zeigte sich, daß der statische und der dynamische Elastizitätsmodul von Proben, die unter gleichen äußeren Bedingungen wiederholt beansprucht wurden, bei Temperaturen oberhalb 60° C von Messung zu Messung größer wurden. Diese Modulerhöhung trat auch ein, wenn der Prüfling schon vor Beginn der Messung genügend lange der Meßtemperatur ausgesetzt war.

Die Ursache für dieses Verhalten dürfte die Verflüchtigung niedermolekularer Bestandteile sein, die als Weichmacher wirken. Bei höheren Temperaturen wird der Weichmacher ausgetrieben, und der Stoff wird bei gleicher Temperatur mechanisch fester. Die Kurven des Elastizitätsmoduls und der mechanischen Verluste verschieben sich dadurch zu längeren Beanspruchungszeiten bzw. tieferen Frequenzen hin, ebenso die Kurven der Verteilungsfunktion. Betrachtet man die gleichen Frequenzen, so verschieben sich die Kurven zu höheren Modul- bzw. Verteilungsfunktionswerten.

Diese Veränderungen durch Weichmacherschwund wurden durch eine weitere Beobachtung bestätigt. Bei den im Verlauf dieser Arbeit durchgeführten Messungen im Tonfrequenzbereich wiesen die PVC-Prüflinge einen wesentlich höheren Elastizitätsmodul auf als bei Messungen, die etwa 3 Jahre zuvor unter gleichen Bedingungen an den gleichen Prüflingen durchgeführt wurden (4). Offenbar hat also während der dreijährigen Lagerungszeit ein Weichmacherschwund stattgefunden.

Diesen Stoffveränderungen durch Weichmacherschwund wurde bei den Untersuchungen an PVC dadurch Rechnung getragen, daß zu den jeweiligen Messungen nur mechanisch und thermisch unbeanspruchte, allerdings gleichmäßig getemperte Prüflinge benutzt wurden, deren Aufheizzeiten möglichst kurz gehalten wurden, so daß angenommen werden kann, daß alle verwendeten Proben etwa die gleiche thermische Vorgeschichte hatten.

Die Messungen wurden in Abhängigkeit von der Beanspruchungszeit bzw. -frequenz so durchgeführt, daß die Temperatur dabei Parameter war. Bei jeder Temperatur wurde zur Ermittlung des gesamten Relaxations- bzw. Dispersionsverlaufes jeweils ein Prüfling benutzt. Wegen der sich während der Meßzeit vollziehenden Stoffveränderungen muß daher bei diesen Messungen mit einer Verschiebung des Relaxationszeitenspektrums zu langen Zeiten und eventuell mit einer Änderung seiner Form noch während der Messungen gerechnet werden. Die Modulwerte bei langen Zeiten und bei tiefen Frequenzen sind dadurch vermutlich größer als

sie es ohne die Weichmacherverflüchtigung gewesen wären; bei höheren Temperaturen ist dieser Effekt sicher verstärkt vorhanden.

Diese Änderungen treten jedoch bei den statischen und dynamischen Messungen wegen der entsprechenden Aufheizzeiten angenähert gleichmäßig auf. Sie müssen unter den gegebenen Umständen als eine Eigenschaft des Stoffes aufgefaßt werden.

Die Verschiebungen bei den nach drei verschiedenen Methoden bestimmten Kurven $\eta = f\left(\frac{1}{\Theta}\right)$ (vgl. Abb. 13) müssen gleichfalls als Folge unterschiedlichen thermodynamischen Stoffverhaltens angesehen werden. Bei gleicher Meßfrequenz sind die ohne Vordehnung der Prüflinge ermittelten Kurven gegenüber den an vorgedehnten Prüflingen bestimmten zu höheren Temperaturen hin verschoben.

Auf solche Erscheinungen wurde in der Literatur bereits mehrfach hingewiesen, und es wurde auch versucht, sie zu deuten (56, 61, 62, 63, 66).

Im vorgedehnten Stoff sind die Molekülketten in Dehnrichtung gestreckt. Infolge der damit verbundenen Entknäuelung der Ketten wird die gegenseitige Behinderung der Segmente verringert. In vorgedehnten Proben können die Bewegungen der Mechanismen daher schon bei tieferen Temperaturen einsetzen als in nicht vorgedehnten Proben.

Die damit verknüpfte Abnahme der Verlustmaxima muß wohl auf eine gleichzeitige Veränderung des Relaxationszeitenspektrums zurückgeführt werden, wie sie in ähnlicher Art auch für den Fall statischer und dynamischer Beanspruchung nachgewiesen wurde (s. Abschn. 4.5).

Diese Arbeit entstand in der Abteilung V (Akustik) der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Braunschweig, mit Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft. Für die Themenstellung und für die großzügige Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit bin ich Herrn Prof. Dr. *M. Grützmacher*, sowie den Herren Dr. *H. Oberst* und Dr. *G. W. Becker* zu großem Dank verpflichtet. Herrn Dr. *H. Oberst* und Herrn Dr. *G. W. Becker* gilt insbesondere mein Dank für viele wertvolle Hinweise und anregende Diskussionen. Ebenso danke ich allen Mitarbeitern, die zum Zustandekommen dieser Arbeit beitrugen.

*Zusammenfassung*

Es werden Meßverfahren zur Bestimmung des Relaxationsverhaltens des Elastizitätsmoduls bei statischer und bei dynamischer Prüflingsbeanspruchung beschrieben, die es gestatten, den Meßbereich bei statischen Messungen von $10^{-1}$ bis $10^5$ s und bei dynamischen Messungen von $10^{-5}$ bis $10^4$ Hz auszudehnen. Prüflingsmaterial ist nicht weichgemachtes Polyvinylchlorid (PVC). Der Temperaturmeßbereich umfaßt bei beiden Meßverfahren das gesamte Hauptrelaxations- bzw. Hauptdispersionsgebiet.

Die Verteilungsfunktionskurven der Relaxationszeiten werden ermittelt. Mit Hilfe der Methode der reduzierten Variablen ergeben sich für statische und für dynamische Werte Verteilungsfunktionskurven, die sich über große Zeit- und Frequenzbereiche erstrecken. Das Hauptrelaxationsgebiet liegt bei statischer Beanspruchung bei längeren Relaxationszeiten als bei dynamischer Beanspruchung. Das umgekehrte Verhalten wird jedoch von der Theorie der linearen skalaren Viskoelastizität gefordert. Als Ursache für die Abweichungen von der Theorie scheiden nichtlineare Amplitudeneffekte aus. Die Unterschiede sind wahrscheinlich durch verschieden große Aktivierungsentropien bei statischer und bei dynamischer Prüflingsbeanspruchung bedingt.

Eine Berechnung der „wirklichen" Aktivierungsenergie ist nur im Temperaturbereich weit oberhalb der Einfriertemperatur möglich. Die freie Aktivierungsenergie kann für alle untersuchten Temperaturen ermittelt werden. Sie zeigt ein recht flaches Maximum wenig unterhalb der Einfriertemperatur, dem ein etwas stärkeres Absinken der Aktivierungsenergiewerte im Übergangsgebiet zwischen hartelastischem und weichelastischem Bereich folgt. In diesem Hauptrelaxationsbereich ist die freie Aktivierungsenergie bei statischer Beanspruchung etwas größer als bei dynamischer Beanspruchung.

Für das untersuchte Material scheint auf Grund der angeführten Ergebnisse eine exakte Umrechnung der statischen in die dynamischen Werte und umgekehrt nicht möglich zu sein, denn die lineare skalare Theorie der Viskoelastizität fordert die Gleichheit der Verteilungsfunktionskurven unabhängig von der Form der zeitlichen Beanspruchung, wobei die Gültigkeit des *Boltzmann*schen Superpositionsgesetzes vorausgesetzt wird.

Für technische Zwecke wird es jedoch in den meisten Fällen möglich sein, statisch und dynamisch gemessene Modulkurven bei entsprechender Zeit-Frequenz-Umrechnung gleichwertig zu behandeln.

Abschließend werden die mechanischen Eigenschaften des PVC in Abhängigkeit von der thermischen und mechanischen Vorgeschichte des Stoffes diskutiert.

*Schrifttum*

1) *Alfrey, T.*, Mechanical Behaviour of High Polymers. (New York 1948).
2) *Andrews, R. D., N. Hofman-Bang* und *A. V. Tobolsky*, J. Polymer Sci. **3**, 669 (1948).
3) *Andrews, R. D.*, Ind. Eng. Chem. **44**, 707 (1952).
4) *Becker, G. W.*, Kolloid-Z. **140**, 1 (1955).
5) *Becker, G. W.* und *H. Oberst*, Kolloid-Z. **148**, 6 (1956).
6) *Becker, G. W.* und *H. Oberst*, Kolloid-Z. **152**, 1 (1957).
7) *Bier, G.*, Kolloid-Z. **149**, 130 (1956).
8) *Bischoff, J., E. Catsiff* und *A. V. Tobolsky*, J. Amer. Chem. Soc. **74**, 3378 (1952).
9) *Broens, O.* und *F. H. Müller*, Kolloid-Z. **140**, 121 (1955); **141**, 20 (1955).
10) *Brown, G. M.* und *A. V. Tobolsky*, J. Polymer Sci. **6**, 165 (1951).
11) *Bueche, F.*, J. Chem. Phys. **22**, 603 (1954).
12) *Bueche, F.*, J. Appl. Phys. **26**, 738 (1955).
13) *Catsiff, E* und *A. V. Tobolsky*, J. Appl. Phys. **25**, 145 (1954).

14) *Catsiff, E.* und *A. V. Tobolsky*, J. Appl. Phys. **25**, 1092 (1954).
15) *Catsiff, E.* und *A. V. Tobolsky*, J. Coll. Sci. **10**, 375 (1955).
16) *Debye, P.*, Polare Molekeln (Leipzig 1929).
17) *Dannhauser, W., Jr. Child, W. C.* und *J. D. Ferry* J. Coll. Sci. **13**, 103 (1958).
18) *Davies, J. M., R. F. Miller* und *W. F. Busse*, J. Amer. Chem. Soc. **63**, 361 (1941).
19) *Doolittle, A. K.*, J. Appl. Phys. **22**, 1471 (1951).
20) *Doolittle, A. K.*, J. Appl. Phys. **23**, 236 (1952).
21) *Eirich, F. R.*, Rheology, Theory and Applications II (New York 1958).
22) *Ferry, J. D.* und *M. L. Williams*, J. Coll. Sci. **7**, 347 (1952).
23) *Ferry, J. D.* und *E. R. Fitzgerald*, J. Coll. Sci. **8**, 224 (1953).
24) *Ferry, J. D., L. D. Grandine Jr.* und *E. R. Fitzgerald*, J. Appl. Phys. **24**, 911 (1953).
25) *Ferry, J. D.* und *R. F. Landel*, Kolloid-Z. **148**, 1 (1956).
26) *Fuchs, O., H. Thurn* und *K. Wolf*, Kolloid-Z. **156**, 27 (1958).
27) *Fujita, H.* und *K. Ninomya*, J. Polymer Sci. **24** 233 (1957).
28) *Fuoss, R. M.*, J. Amer. Chem. Soc. **63**, 369, 378 (1941).
29) *Fuoss, R. M.*, J. Amer. Chem. Soc. **63**, 385 (1941).
30) *Gross, B.*, Kolloid-Z. **131**, 161 (1952).
31) *Gross, B.*, Mathematical Structure of Theories of Linear Viscoelasticity (Paris 1953) (Nr. 1190 der Sammlung „Actualités Scientifiques").
32) *Gross, B.* und *R. M. Fuoss*, J. Polymer Sci. **19**, **39** (1956).
33) *Huff, K.* und *F. H. Müller*, Kolloid-Z. **153**, 5 (1957).
34) *Huggins, M. L.*, J. Chem. Phys. **13**, 37 (1945).
35) *Ito, K.*, J. Polymer Sci. **27**, 419 (1958).
36) *Kästner, S.* und *E. Schlosser*, Kolloid-Z. **152**, 116 (1957).
37) *Kästner, S.*, Kolloid-Z. **156**, 142 (1958).
38) *Kästner, S.*, Kolloid-Z. **157**, 133 (1958).
39) *Kästner, S.*, Kolloid-Z. **157**, 144 (1958).
40) *Kneser, H. O.*, Kolloid-Z. **134**, 20 (1953) (2. Marburger Disk. Tg.).
41) *Koppelmann, J.*, Kolloid-Z. **144**, 12 (1955).
42) *Koppelmann, J.*, Rheol. Acta **1**, 20 (1958).
43) *Kubát, J.*, Kolloid-Z. **129**, 73 (1952).
44) *Kubát, J.*, Kolloid-Z. **134**, 197 (1953) (2. Marburger Disk. Tg.).
45) *Kubát, J.*, Proc. Sec. Int. Congr. Rheology, Oxford, S. 178 (London 1954).
46) *Laidler, K. J.* und *H. Eyring*, The Theory of Rate Process (New York 1941).
47) *Leaderman, H.*, in (21).
48) *Leuchs, O.*, Kunststoffe **45**, 323, 375, 511 – Teil I, II (1955).
49) *Leuchs, O.*, Kunststoffe **48**, 365, Teil III (1958).
50) *Mark, H.* und *H. A. Stuart* in (85).
51) *Marvin, R. S.*, Ind. Eng. Chem. **44**, 696 (1952).
52) *Marvin, R. S.*, Phys. Rev. **86**, 644 (1952).
53) *Maxwell, B.*, J. Polymer Sci. **20**, 551 (1956).
54) *Meyer, K. H.* und *H. Mark*, Makromolekulare Chemie (Leipzig 1950).
55) *Mühe, W.*, Frequenz **9**, 146 (1955).
56) *Müller, F. H.*, Kolloid-Z. **96**, 325 (1941).
57) *Müller, F. H.*, Kunststoffe **39**, 215 (1949).
58) *Müller, F. H.*, Kolloid-Z. **114**, 2 (1949).
59) *Müller, F. H.*, Z. Elektrochem. u. angew. phys. Chem. **54**, 204 (1950).
60) *Müller, F. H.* und *Chr. Schmelzer*, Erg. exakt. Naturwiss. **25**, 359 (1951).
61) *Müller, F. H.*, Kolloid-Z. **120**, 119 (1951).
62) *Müller, F. H.*, Kolloid-Z. **123**, 65 (1951).
63) *Müller, F. H.*, Kolloid-Z. **134**, 77 (1953) (2. Marburger Disk. Tg.).
64) *Müller, F. H.*, Kolloid-Z. **134**, 207 (1953).
65) *Müller, F. H.*, Proc. Sec. Int. Congr. Rheology, Oxford, S. 38 (London 1954).
66) *Müller, F. H.*, Vortrag auf der 3. Marburger Diskussionstagung 1958 (Bad Nauheim), Kolloid-Z. **165**, 96 (1959).
67) *Nagamatsu, K., T. Yoshitomi* und *T. Takemoto*, J. Coll. Sci. **13**, 257 (1958).
68) *Ninomiya, K.* und *H. Fujita*, J. Coll. Sci. **12**, 204 (1957).
69) *Oberst, H.*, VDI-Berichte **8**, 100 (1956).
70) *Pauling, L.*, The Nature of the Chemical Bond. 2. Aufl., 53 (New York 1948).
71) *Payne, A. R.*, Rev. Gen. Cauotchouc **33**, 885 (1956).
72) *Prandtl, L.*, Z. angew. Math. Mech. **8**, 85 (1928).
73) *Prandtl, L.*, Phys. Bl. **5**, 167 (1949).
74) *Roesler, F. C.* und *J. R. A. Pearson*, Proc. Phys. Soc. (London) B **67**, 338 (1954).
75) *Rouse Jr., P. E.*, J. Chem. Phys. **21**, 1272 (1953).
76) *Schlosser, E.* und *S. Kästner*, Kolloid-Z. **155**, 97 (1957).
77) *Schmieder, K.* und *K. Wolf*, Kolloid-Z. **127**, 65 (1952).
78) *Schmieder, K.* und *K. Wolf*, Kolloid-Z. **134**, 149 (1953) (2. Marburger Disk. Tg.).
79) *Schwarzl, F.* und *A. J. Staverman*, Physica **18**, 791 (1952).
80) *Schwarzl, F.* und *A. J. Staverman*, Appl. Sci. Res. A **4**, 127 (1953).
81) *Schwarzl, F.*, Proc. Sec. Int. Congr. Rheology, Oxford, S. 107 (London Butterworths Sci. Publ. 1954).
82) *Staverman, A. J.*, Kolloid-Z. **134**, 189 (1953).
83) *Staverman, A. J.* und *F. Schwarzl* in (85).
84) *Stuart, H. A.*, Die Physik der Hochpolymeren I (Berlin 1952).
85) *Stuart, H. A.*, Die Physik der HochpolymerenIV (Berlin 1956).
86) *Thurn, H.* und *F. Würstlin*, Kolloid-Z. **156**, 21 (1958).
87) *Thurn, H.*, Vortrag auf der 3. Marburger Diskussionstagung 1958 (Bad Nauheim) Kolloid-Z. **165**, 57 (1959).
88) *Tobolsky, A. V., J. B. Prettyman* und *J. H. Dillon* J. Appl. Phys. **15**, 380 (1944).
89) *Tobolsky, A. V.* und *H. Eyring*, J. Chem. Phys. **11**, 125 (1943).
90) *Tobolsky, A. V.* und *R. D. Andrews*, J. Chem. Phys. **13**, 3 (1945).
91) *Tobolsky, A. V.* und *E. Catsiff*, J. Amer. Chem. Soc. **76**, 4204 (1954).
92) *Tobolsky, A. V.* und *E. Catsiff*, J. Polymer Sci. **19**, 111 (1956).
93) *Tobolsky, A. V.*, in (21).
94) *Treloar, L. R.*, The Physics of Rubber Elasticity (Oxford 1949).
95) *Williams, M. L.* und *J. D. Ferry*, J. Polymer Sci. **11**, 169 (1953).
96) *Williams, M. L.* und *J. D. Ferry*, J. Coll. Sci. **9**, 479 (1954).
97) *Williams, M. L.* und *J. D. Ferry*, J. Coll. Sci. **10**, 1 (1955).
98) *Williams, M. L., R. F. Landel* und *J. D. Ferry*, J. Amer. Chem. Soc. **77**, 3701 (1955).
99) *Würstlin, F.*, Kolloid-Z. **152**, 31 (1957).

*Aus den Kunstfaserwerken Gorzów Wlkp. (Polen)*

# Über die mesomorphe β-Form von Polycapronamid und ihre Umwandlung in die kristalline Form α

*Von Andrzej Ziabicki*

*Mit 20 Abbildungen in 23 Einzeldarstellungen und 2 Tabellen*

(Eingegangen am 28. August 1959)

## Einleitung

Die Strukturuntersuchungen von Polycapronamid (Nylon 6., Perlon *L*, Stilon) zeigen, daß neben der monoklinen Kristallform auch eine andere Strukturart auftritt. (Auftreten des Äquatorialreflexes $d = 4{,}2$ Å sowie des Meridionalreflexes $d = 8{,}3$Å in Röntgendiagrammen.)

*Holmes* und *Bunn* (1) halten diese Form für kristallin und stellen zwei Hypothesen über die Gitterstruktur auf. In den Arbeiten von *Wallner* (2) und *Prietzschk* (3) wird die Meinung vertreten, daß es sich um eine mesomorphe Struktur mit nicht-vollkommener Ordnung handelt. *Kordes* und Mitarb. (4) schreibt das Auftreten des Reflexes 4,2 Å der Anwesenheit von monomeren Caprolactam zu.

Die Schwierigkeiten bei der genaueren Aufklärung des Aufbaus dieser Strukturmodifikation, in dieser Arbeit weiter als β-Form bezeichnet, beruht hauptsächlich darauf, daß sie in unorientierten Präparaten auftrat (Debye-Röntgenogrammen) bzw. in orientiertem Zustand nun zugleich mit der α-Form, was die Untersuchungen sehr erschwert. Erst die Möglichkeit, gut orientierte Polycapronamidfasern beim Schmelzspinnen zu erhalten, welche praktisch keine Anteile an α-Form zeigen (5, 6), erleichterte die Lösung dieses Problems.

Zweck dieser Arbeit, deren Grundgedanken auf dem III. Röntgenographie-Konversatorium in Wroclaw, Juni 1958, dargelegt wurden, ist die Klärung des Aufbaus von β-Polycapronamid und des Umwandlungsmechanismus in die α-Form unter Einwirkung von Temperatur, Quellmitteln sowie Kaltverstreckung.

## Röntgenographische Untersuchungen

Untersucht wurde Polycapronamid mit $[\eta] = 140$ cm³/g in konz. $H_2SO_4$ enthaltend etwa 2% Monomer und wasserlösliche Oligomere.

Die Röntgenaufnahmen wurden mit Nigefilterter $CuK_\alpha$-Strahlung bei einem Präparat-Film-Abstand $D = 50$ mm gemacht.

Abb. 1–3 zeigen Röntgenogramme gut orientierter Fasern und Abb. 4–5 solche von nicht orientierten Folien.

Der Vergleich von Röntgenogrammen der Präparate, welche die β-Form enthalten (1. und 4.), mit den die α-Form enthaltenden Präparaten (2. und 5.) gestattet es, folgende charakteristische Merkmale für das Diffraktionsbild der β-Form festzulegen:

a) Auftreten des Äquatorialreflexes $A_\beta$ $d = 4{,}2$ Å (starker Ring auf dem Röntgenogramm der Folie), welcher nicht auf den Röntgenogrammen der α-Form auftritt.

b) Fehlen der Äquatorialreflexe (Ringe) $A_1$ $d = 4{,}4$ Å und $A_2$ $d = 3{,}6$ Å von den Ebenen (002) und (200) stammend.

c) Bei den Fasern Auftreten eines starken Meridionalreflexes $M_1$ $d = 8{,}3$ Å und eines schwächeren $M_2$ $d = 4{,}3$ Å, die sehr schwach oder überhaupt nicht bei der α-Form auftreten. Bei den unorientierten Präparaten ist der Ring $d = 8{,}3$ Å kaum sichtbar bei der α- wie auch bei der β-Form.

d) Fehlen anderer starker Reflexe, hauptsächlich Schichtlinienreflexe, welche auf den Röntgenogrammen der kristallinen α-Form auftreten.

Röntgenogramme von faserorientierter β-Form lassen auf die Seitenordnung (Ebenenabstand $d = 4{,}2$ Å) sowie Anwesenheit von zu der Faserachse (Kettenachse) normalen Ebenen mit $d = 8{,}3$ — $8{,}6$ Å (Längsordnung) schließen. In unorientierten Präparaten (Folie) tritt nur Seitenordnung auf. Zu der Kettenachse normale Ebenen treten nicht oder nur selten auf.

Die geringe Anzahl ausschließlich äquatorialer und meridionaler Reflexe läßt darauf schließen, daß es sich in den Fällen von β-Form um einen nicht-kristallinen, mesomorphen Zustand handelt.

Um den Umwandlungsprozeß $\beta \rightarrow \alpha$ zu verfolgen, muß man die Intensität des Reflexes $A_\beta$ mit der Intensität der Reflexe $A_1$ und $A_2$ vergleichen (Seitenordnung) und die Intensität des Reflexes $M_1$ (Längsordnung) beobachten.

Abb. 1–5. Röntgenogramme der Polycapronamidpräparate

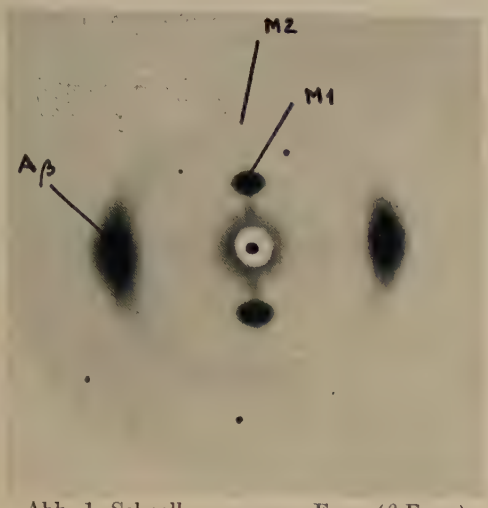



Abb. 1. Schnell ersponnene Faser (β-Form)

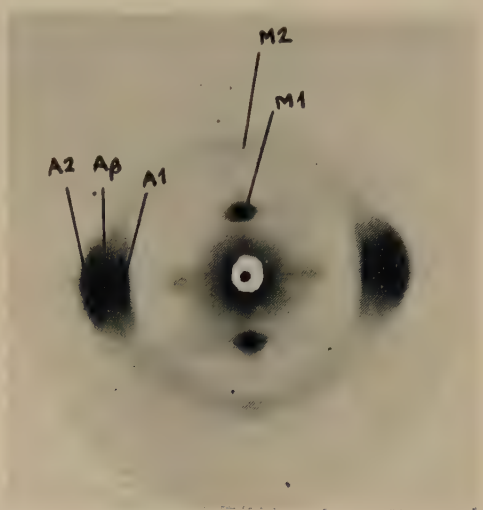



Abb. 2. Dieselbe Faser mit heißem Wasser behandelt (beide Formen anwesend)

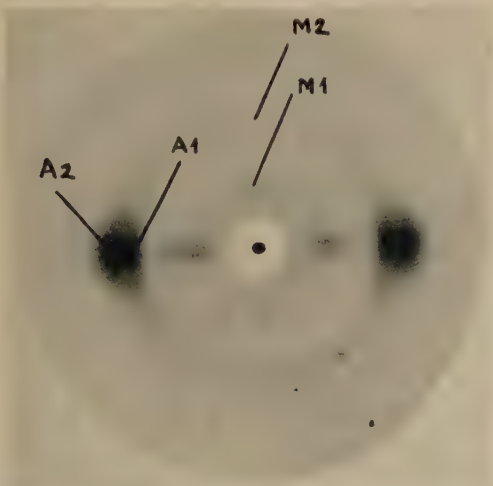



Abb. 3. Kaltverstreckte und in Wasser gekochte Faser (α-Form)

Abb. 4. Unorientierte Folie aus der Schmelze geblasen (β-Form)

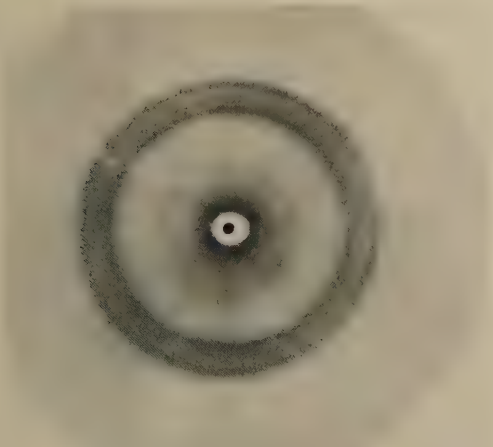


Abb. 5. Unorientierte Folie aus Lösung hergestellt (α-Form mit etwas β-Form)

Um die Bedingungen, bei welchen der Übergang der Seiten- und Längsordnung auftritt, zu untersuchen, wurde stark orientierte Faser mit β-Form verschieden behandelt (Tab. 1). Abb. 6–13 zeigen Röntgenogramme der in dieser Tabelle genannten Präparate.

Auf Grund der obengenannten charakteristischen Merkmale der β-Form (Intensität des $A_\beta$-Reflexes für Seitenordnung und Intensität des $M_1$-Reflexes für die Längsordnung) kann man folgendes sagen:

1. Tempern der Faser in trockenem Zustand (Präp. *S*) nach sorgfältigem Entfernen von Monomer- und Feuchtigkeitsspuren in Hochvakuum verursacht keine merkbaren Änderungen in der Struktur. Eine gewisse Ver-

*Tabelle 1*
Charakteristik der untersuchten Faserpräparate

| Bezeichnung | Faserart | Behandlungsbedingungen | Röntgenogramm siehe Abb. Nr. |
|---|---|---|---|
| 40 *N* | Monofil 15/1 drs bei Abzugsgeschwindigkeit $V = 3500$ m/min ersponnen | nicht behandelt | 6 |
| 40 *S.* | wie vorher | extrahiert mit Äther bei 20 °C getrocknet 5 Std., 20 °C, 0,005 Torr erhitzt 5 Std., 140 °C, 0,005 Torr | 7 |
| 40 *R.* | wie vorher | extrahiert mit Äther luftgetrocknet erhitzt 5 Std. 140 °C unter Hg | 8 |
| 40 *W.* | wie vorher | gekocht 10 Std. in Wasser | 9 |
| 40 *F.* | wie vorher | behandelt 48 Std., 20 °C mit 3% wäßriger Phenollösung, extrahiert 4 Std. mit kochendem Wasser | 10 |
| 40/12 | unverstreckte Seide 40/12 drs ersponnen bei $V = 650$ m/min | nicht behandelt | 11 |
| 40/12 *r.* | wie vorher | auf das 3,5fache kaltverstreckt | 12 |
| 40/12 *r. g.* | wie vorher | auf das 3,5fache kaltverstreckt gekocht 1 Std. in Wasser | 13 |

stärkung und Verschärfung der Reflexe deutet auf eine Verbesserung des Ordnungszustandes.

2. Tempern in sauerstofffreier Umgebung (unter Quecksilber) jedoch ohne Entfernung der Monomer- und Feuchtigkeitsspuren (Präp. *R*) verursacht schon sichtbare Änderungen insbesondere bei der Seitenordnung. Die Intensität des für die $\beta$-Form charakteristischen $A_\beta$-Reflexes übersteigt jedoch die Intensität der von der entstandenen $\alpha$-Form herrührenden Reflexe $A_1$ und $A_2$.

3. Kochen in Wasser (Präp. *W*) verschiebt dieses Verhältnis zugunsten der $\alpha$-Form unter Beibehaltung des abgeschwächten $A_\beta$-Reflexes und beinahe ungeändertem Meridionalreflex $M_2$.

4. Behandlung mit wäßriger Phenollösung (Präp. *F*) führt endlich zu einem vollkommenen Auflösen des $A_\beta$-Reflexes und zu einem beinahe vollkommenen Verschwinden des Reflexes $M_1$. Dafür entstehen die Reflexe $A_1$ und $A_2$. Es zeigen sich hier auch die Schichtlinienreflexe.

5. Kaltverstreckung (Präp. 40/12 *r.*) verursacht vor allem eine Änderung der Längsordnung, was aus dem Verschwinden des $M_1$-Reflexes zu ersehen ist. Der Reflex $A_\beta$ wird diffus und spaltet sich.

6. Kochen der kaltverstreckten Faser in Wasser (Präp. 40/12 *r. g.*) verursacht ein vollkommenes Verschwinden des $A_\beta$-Reflexes und eine Verschärfung der Reflexe $A_1$ und $A_2$, was mit einer Relaxation der Spannungen und Kristallitwachstum verbunden ist.

Abb. 6–13. Röntgenogramme der verschieden behandelten Faserpräparate (Behandlungsbedingungen vgl. Tabelle 1)

Abb. 6. Präparat *N*, unbehandelt

Abb. 7. Präparat *S*, trocken in Vacuum getempert

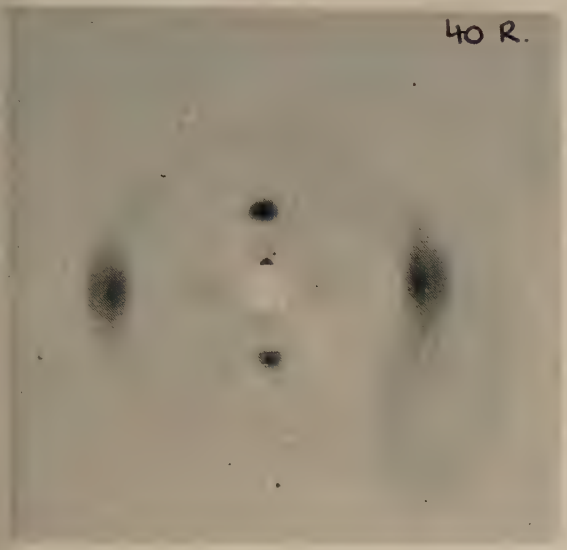



Abb. 8. Präparat *R*, unter Quecksilber getempert

Abb. 9. Präparat *W*, in Wasser gekocht

Abb. 10. Präparat *F*, mit wäßrigem Phenol behandelt

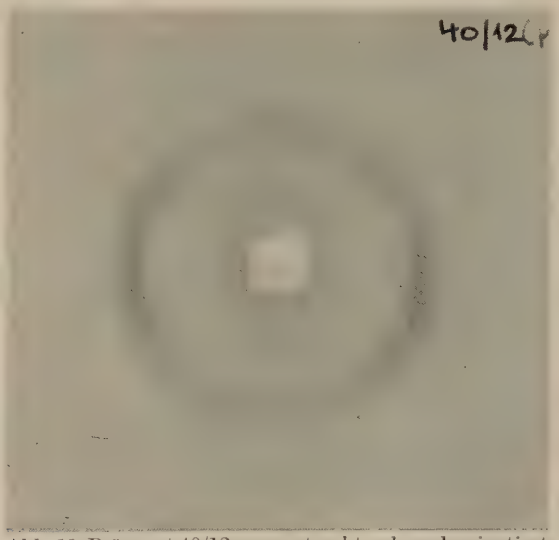



Abb. 11. Präparat 40/12, unverstreckt, schwach orientiert

Die obengenannten Ergebnisse zeigen, daß die β-Form in trockenem Zustand relativ temperaturbeständig ist. Ordnungsänderungen (vor allem Seitenordnung) treten erst unter Einwirkung von Substanzen auf, die Wasserstoffbrücken mit den Polymeren bilden können und die CO . . . HN-Bindungen auflockern, wie Wasser, Phenol usw. Beim Tempern der β-Form in Anwesenheit von schwachen Quellmitteln (Wasser) ändert sich die Längsordnung grundsätzlich nicht. Erst stark wirkende Quellmittel (Phenol), sowie längs der Kettenachse wirkende mechanische Kräfte (Kaltverstreckung) verursachen ein Verschwinden der zur Faserachse (Kettenachse) normalen Ebenen.

Man kann deshalb die Behauptung aufstellen, daß die β-Form ihre Beständigkeit der Wasserstoffbindungen verdankt. Erst ein Auflockern dieser Bindungen durch Quellmittel oder mechanische Kräfte macht den Übergang in die α-Form möglich.

Die Widerstände, welche bei Änderungen der Seitenordnung zu überwinden sind, sind bedeutend kleiner als die, die bei dem parallelem Verschieben der Ketten auftreten. Deshalb beobachtet man bei Einwirkung von Quellmitteln zuerst Seitenordnungsänderungen; bei Kaltverstreckung treten in erster Linie Längsordnungsänderungen auf.

Bei einem derartigen Verhalten müßte die β-Form ähnlich der kristallinen α-Form aus

Abb. 12. Präparat 40/12 *r.*, kaltverstreckt

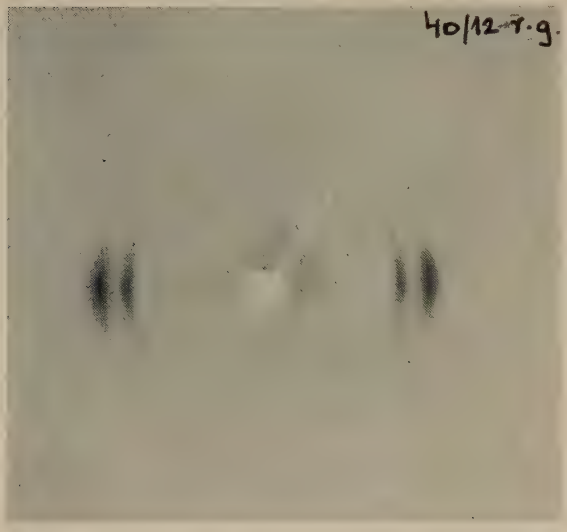



Abb. 13. Präparat 40/12 *r. g.*, kaltverstreckt und in heißem Wasser fixiert

Makromolekülen bestehen, in welchen alle CO- und NH-Gruppen mit H-Brücken verbunden sind. Dies wird durch Infrarot-spektrophotometrische Untersuchungen bestätigt.

**Infrarot-spektrophotometrische Untersuchungen**[1])

Der Zweck der spektrophotometrischen Untersuchungen war ein Vergleich der Absorptionsspektren beider Strukturformen, Sichtbarmachen der für die α- und β-Form charakteristischen Bänder, sowie Verfolgen ihres Verhaltens bei Ordnungsänderungen.

Untersucht wurden aus der Schmelze geblasene, unorientierte Polyamidfolien, etwa 35 μ stark. Diese Folien wurden verschieden, analog den bei den röntgenographischen Untersuchungen verwandten Fasern behandelt (siehe Tab. 2).

Die Absorptionsspektren wurden auf einem Einstrahlspektrophotometer nach Hilger H-668 mit NaCl-Prisma aufgenommen.

*Untersuchungen im Absorptionsbereich der NH-Gruppen (2,8–3,3 μ)*

Die Untersuchungen im Bereich 2,8–3,3 μ sollten die Unterschiede zwischen den Spektren der β-Form-Präparate (*N*) und der α-Form-Präparate (*F*, *K*), sowie die eventuellen Unterschiede im Bindungsgrad der NH-Gruppen aufdecken.

Die Untersuchungen zeigten keine Unterschiede in der Lage der Absorptionsmaxima bei den Präparaten *N*, *F* und *K*. In allen Fällen lagen diese bei einer Wellenlänge 3,05 μ und 3,25 μ. Laut Angaben aus der Literatur (7–9) liegt das Maximum nichtgebundener NH-Gruppen bei 2,9 μ und der mit H-Brücken gebundenen NH-Gruppen bei 3,0–3,05 μ und 3,25 μ, was den Untersuchungsergebnissen entspricht.

Der Schluß, daß sowohl bei β-Form wie auch bei α-Form praktisch alle NH-Gruppen gebunden sind, wird auch durch die Untersuchungen von *Terenzi* und *Trifan* (9), an verschiedensten Polyamiden durchgeführt, bestätigt.

*Untersuchungen im Bereich 9–11 μ*

Die Untersuchungen von *Sandeman* und *Keller* (10) über den Kristallisationsgrad von Polycapronamid zeigten, daß eine Reihe von Absorptionsbändern im Bereich 9–11 μ ordnungsgradempfindlich sind.

Die Autoren weisen auf die Maxima bei einer Wellenlänge von 9,72 μ, 10,31 μ und 10,71 μ als von der kristallinen Form herrührend hin und schreiben diese den Schwingungen der CONH-Gruppe in der Ebene zu. Das Maximum bei 10,10 μ ist für die amorphe bzw. mesomorphe Form charakteristisch.

Abb. 14 zeigt Absorptionsspektren der Folienpräparate, welche nach Tab. 2 behandelt wurden. In den Diagrammen sind 4 Maxima sichtbar mit Wellenlängen: 9,70 μ, 10,22 μ, 10,42 μ und 10,75 μ, was ungefähr den Angaben in der genannten Arbeit (10) entspricht.

Die Bande 10,22 μ, welche bereits schwach bei geschmolzenem Polymer (*P*) auftritt, ist dominierend bei Präparaten, welche die β-

[1]) Die Untersuchungen wurden von Frl. *Barbara Kontnik* in dem Institut für Allgemeine Chemie, Abt. Techn. Physik, Warszawa, durchgeführt.

*Tabelle 2*
Charakteristik der untersuchten Folienpräparate

| Bezeichnung | Folie | Behandlungsbedingungen |
|---|---|---|
| *N* | unorientierte Folie 35 μ aus der Schmelze geblasen | nicht behandelt |
| *S* | wie vorher | extrahiert mit Äther bei 20°C<br>getrocknet 5 Std., 20°C, 0,005 Torr<br>erhitzt 5 Std., 140°C, 0,005 Torr |
| *W* | wie vorher | gekocht 10 Std. in Wasser |
| *F* | wie vorher | behandelt 48 Std. bei 20°C mit 3% wäßriger Phenollösung<br>extrahiert 4 Std. mit kochendem Wasser |
| *r.* | wie vorher | auf das 3,5fache in einer Richtung kaltverstreckt |
| *r. g.* | wie vorher | auf das 3,5fache in einer Richtung kaltverstreckt<br>gekocht 1 Std. in Wasser |
| *K* | unorientierte Folie 9 μ abgedampft aus 2% Polymerlösung in Ameisensäure | nicht behandelt |
| *P.* | Polymerschmelze bei 270°C | — |

Form enthalten: unbehandelte Folie (*N*) und trocken getemperte (*S*). Dieses Band unterliegt einer teilweisen Abschwächung nach Behandlung mit Wasser (*W*) und verschwindet gänzlich nach Behandlung mit Phenol aq.

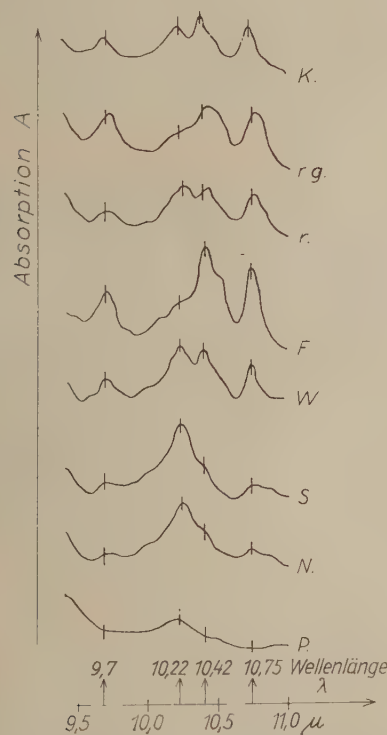



Abb. 14. Absorptionsspektren verschieden behandelter Folien (Behandlungsbedingungen vgl. Tabelle 2)
*P* – Polymerschmelze; *N* – Folie aus der Schmelze geblasen, unbehandelt; *S* – trocken getempert; *W* – in Wasser gekocht; *F* – mit wäßrigem Phenol behandelt; *r.* – kaltverstreckt; *r. g.* – kaltverstreckt und in heißem Wasser fixiert; *K* – Folie aus HCOOH-Lösung abgedampft

(*F*). Kaltverstreckung (*r*) bewirkt teilweises, und Strecken mit nachfolgendem Kochen in Wasser (*r.g.*) ein vollkommenes Verschwinden der Bande 10,22 μ.

Man kann leicht beobachten, daß diese Bande sich bei Strukturänderungen ähnlich dem $A_\beta$-Reflex auf den Röntgenogrammen verhält. Stufenweises Anwachsen der Intensität der Bande 10,22 μ bei Übergang aus Polymerschmelze (*P*) zur schroff abgekühlten Folie (*N*) und trocken getemperten Folie (*S*) zeigt, daß der entsprechende Zustand ein *Ordnungszustand* ist. Es ist das keine *amorphe* Form, denn in diesem Falle würde die maximale Intensität mit dem Spektrum der Schmelze übereinstimmen.

Die Anwesenheit der Bande 10,22 μ im Spektrum des geschmolzenen Polymeren deutet auf das *Auftreten geordneter Elemente* bei *bedeutend über dem Schmelzbereich* liegenden Temperaturen hin. Bei einer hohen Tendenz zur Bildung von Wasserstoffbrücken CO . . . HN ist die Existenz solcher Nahordnung sehr wahrscheinlich. Beim Abkühlen der Schmelze wurden diese Nahordnungsbereiche zu Kernen bei der Ausbildung der β-Form.

Die im Spektrum der Polymerschmelze nicht auftretenden Banden 9,70 μ und 10,75 μ zeigen sich schwach bei unbehandelter Folie (*N*). Ihre Intensität wächst etwas an bei Tempern in trockenem Zustand (*S*) und verstärkt sich beim Kochen in Wasser. (*W*), Phenol aq. (*F*) und bei Kaltverstreckung (*R*, *r.g.*). Es scheint, daß diese Banden mit dem Ordnungszustand im allgemeinen, und nicht mit der besonderen Strukturform zusammenhängen.

Selektiv empfindlich auf Anwesenheit der α-Form ist dagegen die Bande 10,42 μ. Es

zeigt sich nicht bei der Schmelze ($P$) und den Präparaten mit $\beta$-Form ($N$, $S$). Es zeigt sich erst nach der Behandlung mit Quellmitteln ($W$, $F$) und Kaltverstreckung ($r$, $r.g.$). Die Bande 10,42 $\mu$ verhält sich entsprechend den Reflexen $A_1$ und $A_2$ in den Röntgenogrammen, ist also mit der kristallinen Seitenordnung verkoppelt.

Diese Ergebnisse bestätigen vollkommen die röntgenographischen Angaben über die Bedingungen der Umwandlung $\beta \rightarrow \alpha$: Trokkenes Erhitzen verursacht keine Umwandlung, nur eine gewisse Verstärkung des Ordnungsgrades der $\beta$-Form. Kochen in Wasser verursacht eine teilweise, und Behandlung

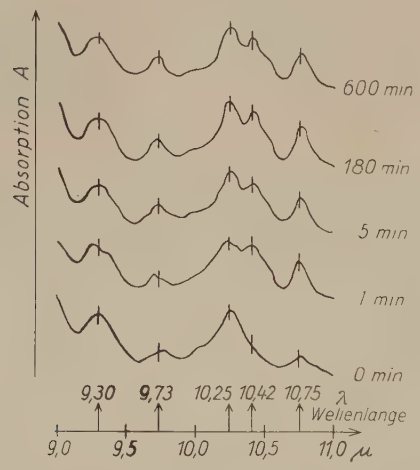



Abb. 15. Absorptionsspektren der verschieden lang in in Wasser gekochten Folien

mit Phenol aq. eine vollkommene Konversion. Charakteristisch dabei ist, daß Kaltverstreckung allein keine vollkommene Umwandlung $\beta \rightarrow \alpha$ verursacht. Erst eine zusätzliche Behandlung mit heißem Wasser, welche die inneren Spannungen löst, verursacht ein gänzliches Verschwinden der Bande 10,22 $\mu$ sowie eine Verschärfung der Bande 10,42 $\mu$.

Um den Einfluß der Kochdauer auf die Strukturänderungen festzustellen, wurden die Spektren verschieden lang in Wasser gekochter Präparate untersucht. Die Ergebnisse zeigt Abb. 15.

Die Diagramme zeigen, daß eine grundsätzliche Änderung schon während der ersten Minuten zustande kommt. Das Spektrum des 5 min gekochten Präparates unterscheidet sich nicht von dem des 600 min behandelten Folienpräparates. In allen Fällen ist neben der Bande 10,42 $\mu$ ($\alpha$-Form) die Bande 10,22 $\mu$ ($\beta$-Form, ungeändert) erkennbar. Die Ergebnisse zeigen, daß Kochen in Wasser zu keiner vollkommenen Umwandlung $\beta \rightarrow \alpha$ führt, unerläßlich dafür ist die Einwirkung starker Quellmittel bzw. der Kaltverstreckung mit Thermorelaxation.

Die Spektren von Abb. 15 zeigen auf, daß neben den vorher besprochenen ein fünftes Absorptionsband 9,30 $\mu$ auftritt. Unveränderlichkeit beim Kochen in Wasser läßt darauf schließen, daß dieses Band unempfindlich gegen Strukturänderungen ist.

Durch Abdampfen aus HCOOH-Lösung erhaltene Folie (Präparat $K$, Röntgenogramm Abb. 5) besitzt keine reine $\beta$-formfreie $\alpha$-Struktur. Auf dem Röntgenogramm ist neben starken, den Ebenen (200) und (002) entsprechenden Ringen ein schwacher Ring $d =$ 4,2 Å sichtbar. Auch das Infrarot-Absorptionsspektrum zeigt sowohl eine starke Bande 10,42 $\mu$ ($\alpha$-Form) neben einer schwächeren Bande 10,22 $\mu$ ($\beta$-Form). Man kann daraus vermuten, daß geordnete Bereiche, die der Schmelze zugeschrieben wurden, auch in der Lösung auftreten und bei dem Abdampfen in festen Zustand übergehen.

**Polarisationsmikroskopische Untersuchungen**

Das langsam aus der Schmelze bzw. Lösung kristallisierende Polycapronamid bildet, ähnlich wie andere kristalline Hochpolymere, Sphärolithe. Die mikroskopischen Untersuchungen sollten darüber Auskunft geben, ob Sphärolithe auch in der mesomorphen $\beta$-Form entstehen, sowie den Einfluß der $\beta \rightarrow \alpha$-Umwandlung auf die Sphärolithstruktur klären.

Die Untersuchungen wurden mit einem Leitz-Polarisationsmikroskop SY mit Mikrophotoaufsatz durchgeführt.

Abb. 16–19 geben Mikroaufnahmen von vier Polyamidfolienpräparaten wieder.

Aus den röntgenographischen und spektrophotometrischen Untersuchungen war es bereits bekannt, daß das Präparat $N$ (unbehandelt) $\beta$-Struktur besitzt, Präparat $F$ (mit Phenol behandelt) ist eine praktisch reine $\alpha$-Form, und Präparat $K$ (aus HCOOH-Lösung abgedampft) stellt eine Mischung beider Formen dar. Auf den ersten zwei Bildern sind Sphärolithe von einem Durchmesser etwa 4 $\mu$ sichtbar. Bei der vollkommenen $\beta \rightarrow \alpha$-Umwandlung traten also keine Änderungen der Form und Größe der Sphärolithe auf.

Die durch Abdampfen aus HCOOH-Lösung erhaltene Folie zeigte kleinere Sphärolithe (unter 1 $\mu$). Die mikroskopische Aufnahme der kaltverstreckten Folie gibt ein ganz anderes Bild. Die ursprüngliche spärolitische Struktur (Abb. 16) ist stark deformiert.

Das erhaltene Bild (Abb. 19) läßt auf die Anwesenheit von in Streckrichtung orientierten Fibrillen schließen.

Die mikroskopischen Beobachtungen zeigen, daß die sphärolitische Struktur sowohl im kristallinen α-Polycapronamid, wie auch in der niedriger geordneten β-Form entsteht. Größe und Form der Sphärolithe ist von den Bedingungen, in welchen das Polymere geordnet wurde (Abkühlen der Schmelze, Abdämpfen der Lösung), abhängig. Die Gitterstrukturumwandlungen dagegen haben keinen Einfluß auf die Sphärolithstruktur. Starke intermolekulare Bindungen (H-Brücken) machen Änderungen der Sphärolithstruktur in festen Polymeren (Änderungsbereich: einige $\mu$) unmöglich, auch wenn Bedingungen zur Gitterumwandlung (Änderungsbereich: einige Å) geschaffen wurden.

Man muß hierzu bemerken, daß das keine solche Bindungen besitzende Polyäthylenterephthalat eine so große Beweglichkeit der Ketten im festen Zustande zeigt, daß sich in manchen Fällen schon beim Erhitzen bis 100° C Sphärolithe im Bereich einiger $\mu$ bilden.

**Diskussion**

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse verschiedener Untersuchungsmethoden erlaubt es, ein Strukturmodell für β-Polycapronamid vorzuschlagen, welches das Entstehen dieser Strukturform und ihr Verhalten unter verschiedenen Bedingungen erläutert.

Abb. 20 zeigt Strukturmodelle beider Gitterstrukturformen.

Bei der kristallinen Form α treten sämtliche H-Brücken zwischen den Ketten regulär auf. Das ist die Ursache, daß die Ketten gegenseitig um $^1/_{14}$ der Identitätsperiode, welche 2 Mer umfaßt, verschoben ist. Daher das Fehlen starker Meridionalreflexe, insbesondere des Reflexes $M_1$ (020), welcher bei der β-Form deutlich auftritt [für die β-Form Reflexindizes $M_1$: (001)]. Der Ordnungszustand ist hier in allen drei Richtungen vollkommen (kristalline Struktur).

Die β-Form entsteht durch schnelles Abschrecken der Schmelze. Die Kerne dieser Struktur bilden die Nahordnungsbereiche in

Abb. 16–19. Mikroaufnahmen der Polycapronamidfolien. Polarisiertes Licht, gekreuzte Nicolprismen. Vergrößerung 240×

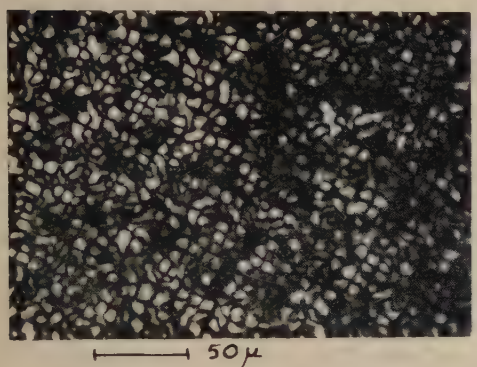



Abb. 16. Präparat *N*, unbehandelt

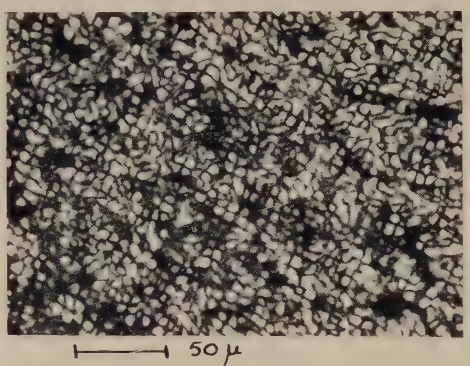



Abb. 17. Präparat *F*, mit wäßrigem Phenol behandelt

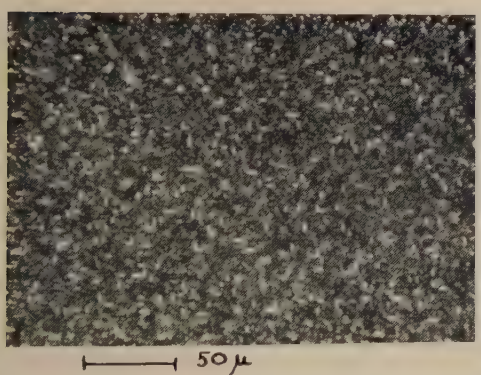



Abb. 18. Präparat *K*, aus HCOOH-Lösung hergestellt

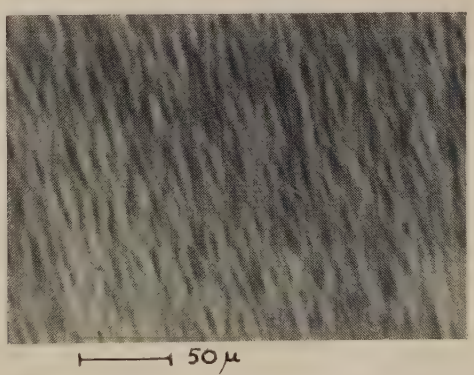



Abb. 19. Präparat *r.*, kaltverstrecktes Präparat *N* (Abb. 16)

der Schmelze und sind aus parallelliegenden, mit H-Brücken verbundenen, Kettensegmenten aufgebaut.

Der charakteristische Seitenabstand ist hier der Ebenenabstand $d = 4{,}2$ Å.

Wenn in der α-Form die Lage aller Gruppen genau bestimmt war, so umfaßt die Seitenordnung bei der β-Form nur die *Kettenachsen*, und die einzelnen Gruppen sind willkürlich orientiert. Auf dem Modell (Abb. 20) ist die Lage der Ketten als Projektion auf die Grundfläche der Elementarzelle in Form von Ringen dargestellt, welche alle zulässigen Orientierungen der Gruppen CO bzw. NH bestimmen. Nichtreguläre Lage der H-Brücken verursacht, daß die nebeneinanderliegenden Ketten gegenseitig nicht verschoben sein müssen. Die CO-Gruppen treten also hier in einer horizontalen Ebene auf, dadurch wird die Identitätsperiode längs der Kettenachse bis zu 1 Mer verkürzt. Es entstehen auch starkstreuende, zur Kettenachse normale (diatropische) Ebenen (vgl. Reflexe $M_1$ und $M_2$).

Die Seitenordnung der Kettenachsen zeigt eine Symmetrie der dichtesten Packung der Kreise: Hexagonalsymmetrie mit Periode $a = 4{,}8$ Å (der Reflex $A_\beta$ entspricht den Ebenen $\frac{010}{100}$).

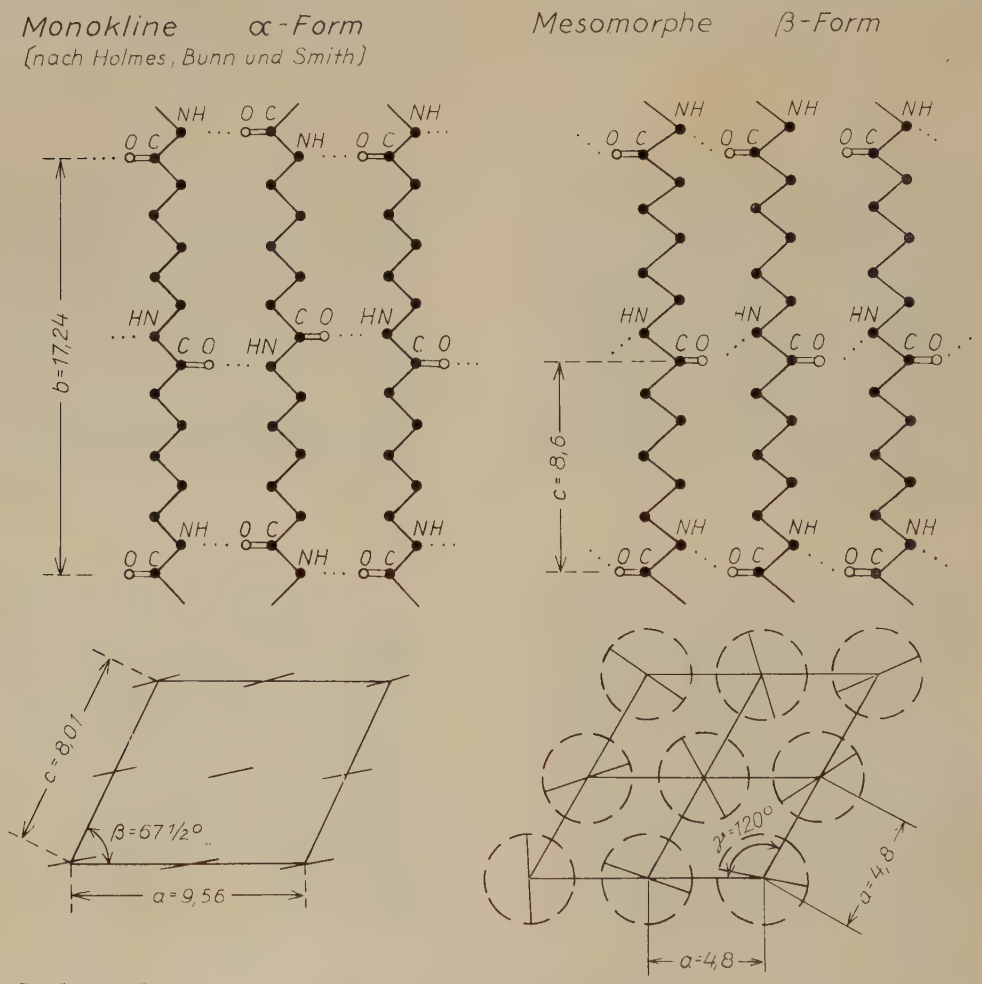



Abb. 20. Strukturmodelle für die zwei Formen des Polycapronamids. α-Form nach *Holmes* u. Mitarb. (1) – β-Form – vorgeschlagene Struktur

Die β-Form ist jedoch keine kristalline Ordnung; denn die wahllose Orientierung der Kettenebenen garantiert keine sich wiederholenden Translationen für die einzelnen Atome. Die β-Form ist also eine *mesomorphe Struktur mit hexagonaler Seitenordnung der Kettenachsen und nicht-regulärer Verteilung der Wasserstoffbindungen.* Die theoretische Dichte für die hexagonale Elementarzelle mit den Parametern $a = 4{,}8$ Å,

$c = 8{,}6$ Å[2]) beträgt etwa 1,10 g/cm³, was einer beobachteten Dichte schnell abgekühlter Polyamidfasern entspricht.

In den unorientierten Präparaten (z. B. Folien) tritt ausschließlich eine Seitenordnung der Kettenachsen auf. Erst ein schnelles Ziehen der Fasern aus der Schmelze, mit einer Kettenorientierung verbunden, führt zu einer zusätzlichen Längsordnung mit einer Identitätsperiode $c = 8{,}6$ Å.

Das vorgeschlagene Strukturmodell erklärt alle beobachteten, mit dem Entstehen dieser Struktur zusammenhängenden Erscheinungen, ihre Temperaturbeständigkeit bei trockenem Tempern, sowie das Verhalten bei der Behandlung mit H-Brücken bildenden Substanzen und bei Kaltverstreckung. Auch die Fähigkeit zur Sphärolithbildung und die kleine Kettenbeweglichkeit in festen Polymeren wird erklärt.

*Zusammenfassung*

Mittels röntgenographischer, spektrophotometrischer und polarisationsmikroskopischer Methoden wurde die mesomorphe $\beta$-Struktur des Polycapronamids, sowie die Bedingungen ihrer Umwandlung in die kristalline Form $\alpha$ untersucht.

Es wurde festgestellt, daß der für die $\beta$-Form charakteristische Äquatorialreflex auf den Röntgenogrammen $d = 4{,}2$ Å mit dem Absorptionsband 10,22 $\mu$ zusammenhängt, die von den Ebenen (200) und (002) bei der kristallinen Form $\alpha$ herrührenden Reflexe dem Band 10,42 $\mu$ entsprechen.

In Anlehnung an die Intensitätsänderungen dieser Reflexe und Absorptionsbänder wurde die Umwandlung $\beta \rightarrow \alpha$ unter verschiedenen Bedingungen verfolgt.

Es wurde ein Strukturmodell der $\beta$-Form, in welcher die Ketten nicht regelmäßig durch H-Brücken verbunden sind, vorgeschlagen. Die Seitenordnung der Kettenachsen entspricht einer Hexagonalsymmetrie mit einer Identitätsperiode $a = 4{,}8$ Å, wobei die Periode längs der Ketten bei orientierten Fasern $c = 8{,}6$ Å ist. Die theoretische Dichte für dieses System beträgt etwa 1,10 g/cm³.

[2]) Die Periode $c$ wurde aus dem Reflex $M_2$, den Ebenen (002) entsprechend, errechnet.

*Schrifttum*

1) *Holmes, D. R., C. W. Bunn* und *D. J. Smith*, J. Polymer Sci **17**, 159 (1955).

2) *Wallner, L. G.*, Mh. Chem. **79**, 86, 271 (1948).

3) *Prietzschk, A.*, Ber. Farbenfabr. Bayer (Dormagen 1950); vgl.: *H. A. Stuart*, „Physik der Hochpolymeren" Bd. III, 18 (Berlin–Göttingen–Heidelberg 1956).

4) *Kordes, E., F. Günther, L. Büchs* und *W. Göltner*, Kolloid-Z. **119**, 23 (1950).

5) *Ziabicki, A.*, J. Appl. Polymer Sci. (im Druck).

6) *Ziabicki, A.*, Coll. Czechoslovak Chem. Communications **22**, 64 (1957) (special issue).

7) *Richards, R. E.*, und *H. W. Thompson*, J. Chem. Soc. London **1947**, 1248.

8) *Tobin, M. C.* und *M. J. Carrano*, J. Chem. Phys. **25**, 1044 (1956).

9) *Trifan, D. S.* und *J. F. Terenzi*, J. Polymer Sci. **28**, 443 (1958).

10) *Sandeman, I.*, und *A. Keller*, J. Polymer Sci. **19**, 401 (1956).

*From the Chemical Laboratory, Ochanomizu University, Bunkyo-ku, Tokyo (Japan)*

# The Gelation of High Polymers at the Air-Water Interface

*By Taro Tachibana, Kiyoshi Inokuchi and Teiko Inokuchi*

*With 2 figures in 6 details and 2 tables*

(Received July 12, 1959)

## Introduction

Surface films of high polymers become a viscoelastic system when they are compressed down to a certain area. This fact can be qualitatively observed by the so-called talc test (1) and quantitatively investigated by employing the surface rheometer. In a previous paper (2) we have published such studies with protein. Investigations have been extended to various synthetic high polymers. It was found that the largest area at which films exhibit viscoelasticity, i.e. the critical gelation area is observed also with synthetic high polymers. It is intended in this paper to show that various high polymers at the air-water interface are characterized both by their critical gelation area and by the mechanical model corresponding to their rheological behaviors, from which are given valuable indications on the internal structure of polymer monolayers.

## Experimental

Gelation of films was determined by occurrence of elasticity which is found by giving a constant shear stress to films and observing their accompanying shear strain.

Since the detail and working of the surface rheometer used has been described elsewhere (3), here only a short description will be given. The general view of the apparatus is shown in Fig. 1. The shearing for a spread film is given turning a platinum ring ($R$) floating on film surface held by a torsion wire ($W$). A stalk attached to the ring carries a small mirror, together with a moving coil ($C$) which lies between two poles of a permanent magnet ($M$). The torsion wire is an extremely

thin strip of copper, which also serves as a lead wire for sending a current to the coil, another lead wire being a loosely hanging thin wire ($L$). A small constant current is passed through this coil, so that the ring is deflected under a constant torque drawing a deflecting angle ($\theta$) v. s. time ($t$) curve on a photographic paper, on which is lead a beam of light reflected from the mirror. After a certain deflection, the current is switched off and the subsequent motion of the ring is observed,

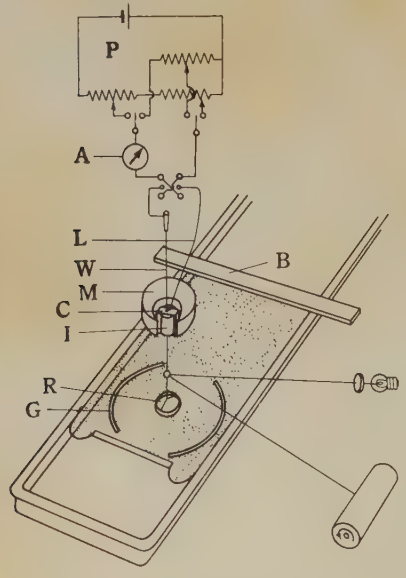



Fig. 1. Surface rheometer

so that a hysteresis curve is obtained. These curves are determined by the visco-elasticity of films and the moment of inertia of the rotating system. The procedure of analysis of them has been already described in a previous paper (4).

In our experimental condition, the film resistance was sufficiently large compared with that of water, so that the water effect was negligibly small. Simultaneously with the rheological measurement, the surface pressure was determined by a surface balance. However the pressure v. s. area curves obtained were abbreviated in this paper.

The polymers and the solvents used for spreading are shown in table 1. The substrate was 40% ammonium sulphate solution for polyvinyl alcohol and distilled water for other polymers. Degree of polymerization (D. P.) was given only for fractionated samples.

*Table 1*

Synthetic Polymers used in the present paper

| Polymers | Abbreviations | D. P. | Spreading solvents |
|---|---|---|---|
| Poly-ε-capro-amide | Nylon 6 | 150 | benzene-phenol (3 : 1 v/v) |
| Polyvinyl alcohol | PVA | 1200 | water |
| Polymethyl methacrylate | PMMA | 1000 | benzene |
| Cellulose diacetate | Ac-cellulose | 200 | aceton |
| Polyvinyl acetate | PVAc | | benzene |
| Polymethyl acrylate | PMA | | benzene |
| Ethyl cellulose | Et-cellulose | | benzene |
| Benzyl cellulose | Bz-cellulose | | benzene |

## Results and Discussion

When spread at sufficiently large areas, the film did not manifest any viscoelastic response against a shearing stress. Any detectable viscoelasticity appeared rather suddenly when films were compressed down to a certain area. In such regions the deformation curves (the $\Theta - t$ curves) were recorded with successive compression. The type of the $\Theta - t$ curves thus obtained was found peculiar to a given film, and the results were qualitatively described in terms of the corresponding mechanical model as shown in fig. 2. Rheological characteristics of some films were capable of being represented by a certain type of mechanical model all through compression, while those of others changed the types of deformation curve (accordingly, mechanical model) at a certain area which may be regarded as the phase transition point or collapse point of films. These results are shown in table 2, from which it is seen that polymer films were arranged into five groups (I–V) according to their mechanical model.

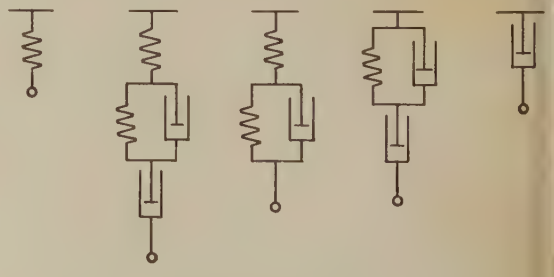


Fig. 2. Types of mechanical models representing rheological behavior

On the other hand, *Crisp* (1) has found the difference of the rheological properties of individual polymer films by the so-called talc test and the force-area curves and, consequently, he has classified the polymer films into four types; fluid type (PVAc, polyacrylate, cellulose ether), coherent type (PMMA), coherent semicrystalline type (nylon, acetyl cellulose) and expanded semicrystalline type (PVA, polyacrylic acid on acid subsolution). When his result is compared with our classification, it is seen that polymer films of

*Table 2**)

The gelation areas and the mechanical models of polymer monolayers

| No. | Polymers | $A_0$ A/m. u. | $A_g$ A/m. u. | $A_g/A_0$ | Mechanical model (see fig. 2) |
|---|---|---|---|---|---|
| I | Nylon 6 | 40 | 75 | 1.8 | a–b |
| II | PVA | 12 | 10 | 0.8 | b–c |
| | PMMA | 22 | 75 | 3 | b–c |
| | Ovalbumin | | | | b |
| | Pepsin | | | | b |
| III | Ac-cellulose | 69 | 280 | 4 | c |
| | Et-cellulose | 68 | 55 | 0.8 | c–d |
| IV | PVAc | 21 | 5 | 0.2 | d |
| | Bz-cellulose | 70 | 65 | 0.9 | d |
| | Serum albumin | | | | d |
| | Haemoglobin | | | | d |
| | Gelatin | | | | d |
| V | PMA | | | | e |

coherent type and of semicrystalline type, respectively, exhibit an instantaneous elasticity (I–III in table 2), while those of fluid type exhibit delayed elasticity alone and without instantaneous elasticity (IV–V in table 2). It is interesting to note that nylon 6 film which is extremely brittle on large areas corresponds to the ideal elastic model.

Although polymers used were well spread, a question arises as to whether the elastic films are monolayers or overfilms. A criterion is to compare the critical gelation area, $A_g$, i.e. the area where films begin to acquire instantaneous or delayed elasticity, with the close-packed area, $A_0$, of polymer chain. The latter was calculated from X-ray data and molecular model assuming the side chains of molecule to be laying parallel to the water surface. These are summarized in column $A_g/A_0$ of table 2, from which it is seen that there are two groups of films; group (a) for $A_g > A_0$ includes nylon 6, acetyl cellulose, PMM, and group (b) for $A_g \leq A_0$, includes PVA, PVAc, Ethyl cellulose.

It is thus suggested that the films of group (a) form an approximately two dimensional network covering the whole area of the film and become elastic before the spread molecules are closely packed, while those of group (b) begin to show the viscoelasticity only when a thick collapsed polylayer is produced by compression. Moreover, it was found that when compression proceeds, the films of group (a) did not exhibit any viscoelastic behavior until they reach the gelation point, whereas those of group (b) became gradually viscous and finally visco-elastic with formation of overfilms. This difference should be closely related to the strength of interchain bondings and the ease with which interchain bondings are formed.

It is seen also from table 2, that crystalline polymers investigated are mainly included into group (a). When such film molecules come into contact by compression, the same forces as operate in the crystalline lattice may act between adjacent chains, contributing to the formation of a surface network. Taking nylon, for example, the keto-imino interaction between the chains may make the film coherent and rigid (1). For acetyl cellulose, the hydrogen bondings between the pyranose rings of chains may be an important factor (5). PVA is, though crystalline polymer, so highly hydrophilic that, when spread on water, the interchain bondings may be little formed at larger areas than the close-packed area. The surface network would be also determined by *van der Waals* forces acting between the non-polar groups oriented at interfaces. Such a mechanism may operate in the films of PMMA. These bondings, even if films were allowed to expand above the gelation area, after once formed, could be broken with difficulty. In fact, when films once gelified by compression were allowed to re-expand, they persisted to exhibit elasticity even at an area larger than the original gelation area, suggesting the expansion of a surface network. Further it was noted that films compressed down to smaller areas than the gelation area give hysteresis in their force-area curves. In such region polymer films form a two dimensional gel and the observed surface pressure would involve not only an osmotic factor but also an internal stress. It has been recently reported with monolayers of polymethyl siloxane, nylon 6, PVA and PVAc at high pressures that the observed surface pressure for a given area decreases with rising temperature (6, 7, 8). This fact may be readily explained by assuming that the observed pressure is represented by the internal stress which relaxes with increasing temperature. Films of coherent polymers such as polypeptide and polymethacrylate have been found to show the force-area curve with a plateau region followed by a further rise in surface pressure beyond the plateau. Some

*) Table 2 also includes protein films spread on 30% ammonium sulphate solution, some of them being treated in a previous paper (1). When compared our result with *Schaefer*'s "expansion pattern" (9), it is found that films of proteins which exhibit star-like expansion pattern. e. g. ovalbumin and pepsin, show an instantaneous elasticity.

investigators explained the plateau in terms of a re-orientation of the side chains. This problem was recently discussed by *Crisp* (10), who suggested an alternative explanation that the plateau represents collapse of the monolayer to a three dimensional state. If the plateau is in a region of gel-state, film molecules bonded with each other may re-orientate with difficulty against compression. A previous paper (4) from our laboratory shows that the area at which the films of nylon 6 and polynorleucin begin to exhibit the plateau in their force area curves is smaller than their gelation area. Therefore, in these cases the plateau should be explained by the collapse of films. In fact, an electronmicrograph demonstrated that microfibrils appear in an area of plateau region (37 — 10 Å$^2$) of the force-area curve for the films of nylon 6 (11).

*Summary*

Monolayers of various synthetic polymers were spread at the air-water interface and they were subjected to a constant shear stress by means of a surface rheometer. The types of the strain time curve thus obtained were peculiar to a given film and represented by the corresponding mechanical model. From the rheological characteristics of films, they were arranged into five groups. The gelation area, i. e. the smallest area at which films begin to aquire any viscoelasticity during compression, was also specific to a given film. It was found that films of crystalline polymer gelify at an area larger than close-packed area. The force-area curves of polymer films were discussed from the rheological standpoint.

*Zusammenfassung*

Die synthetischen Hochpolymeren wurden als monomolekulare Filme in der Grenzfläche Luft-Wasser gespreitet und mit Hilfe des Oberflächenrheometers konstanten Schubspannungen unterworfen.

Die Typen der dabei enthaltenen Spannungs-Zeit-Kurven waren charakteristisch für die verschiedenen Filme und Filmzustände und lassen sich durch entsprechend gewählte mechanische Modelle darstellen.

Hinsichtlich der rheologischen Eigenschaften ergab sich für sich eine Einteilung in 5 Gruppen. Die Gelfläche, d. h. die Fläche, für welche ein gegebener Film gerade beginnt, Viskoelastizität während der Kompression zu zeigen, ist spezifisch für jedes Material. Es ist festzustellen, daß Filme von kristallisierenden Hochpolymeren bei größeren Flächen gelieren, als der dichten Packung (Dichtflächen) entspricht.

*References*

1) *Crisp, D. J.*, J. Colloid Sci. **1**, 49, 161 (1946).
2) *Tachibana, T., K. Inokuchi* and *T. Inokuchi*, Biochim. Biophys. Acta **24**, 174 (1957).
3) *Inokuchi, K.*, Bull. Chem. Soc. Japan **27**, 432 (1954).
4) *Tachibana, T.* and *K. Inokuchi*, J. Colloid Sci. **8**, 341 (1953).
5) *Borgin, K.* and *P. Johnson*, Trans. Faraday Soc. **49**, 956 (1953).
6) *Fox, H. W., P. W. Tayler* and *W. A. Zisman*, Ind. Eng. Chem. **39**, 1401 (1947).
7) *Inokuchi, K.*, Bull. Chem. Soc. Japan **29**, 490 (1956).
8) *Llopis, J.* and *D. V. Reballo*, J. Colloid Sci. **11**, 543 (1956).
9) *Schaefer, V. J.*, J. Phys. Chem. **42**, 1089 (1938).
10) *Crisp, D. J.*, Surface Phenomena in Chemistry and Biology (ed. by *Danielli, J. F., Pankhurst, K. G. A.*, and *Riddiford, A. C.*) p. 23 (London 1958).
11) *Tachibana, T., K. Inokuchi* and *T. Inokuchi*, Nature **176**, 1117 (1955).

# Wissenschaftliche Kurzberichte

*Kurz-Mitteilungen sichern rasch* ***die Priorität.*** *Die Verantwortung für den Inhalt trägt der Autor. Erscheinungstermin ca. innerhalb 2–6 Wochen nach Einreichung. Umfang der* ***deutlich*** *(Formeln!) geschriebenen Manuskripte bis zu 2 Maschinenseiten, Abbildungen vermeiden. Sonst klischierfähige Zeichnungen mit Beschriftung in weichem Blei. Sonderdruckfreiexemplare wie bei Originalarbeiten. Manuskripte an: Prof.* ***F. H. Müller,*** *Marburg/L., Georg-Voigt-Str. 1*[0]*.*

***Herausgeber und Verlag***

*Aus dem Institut für Organische Chemie der Freien Universität Berlin*

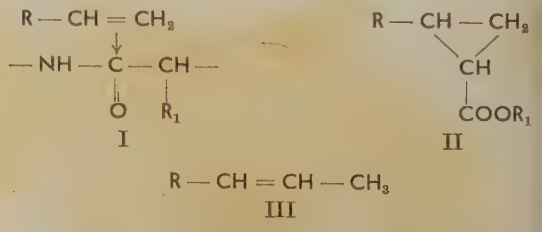
## Der Mechanismus der Elektronenleitung in Peptidketten (1)

*Von W. Lautsch*

(Eingegangen am 30. September 1959)

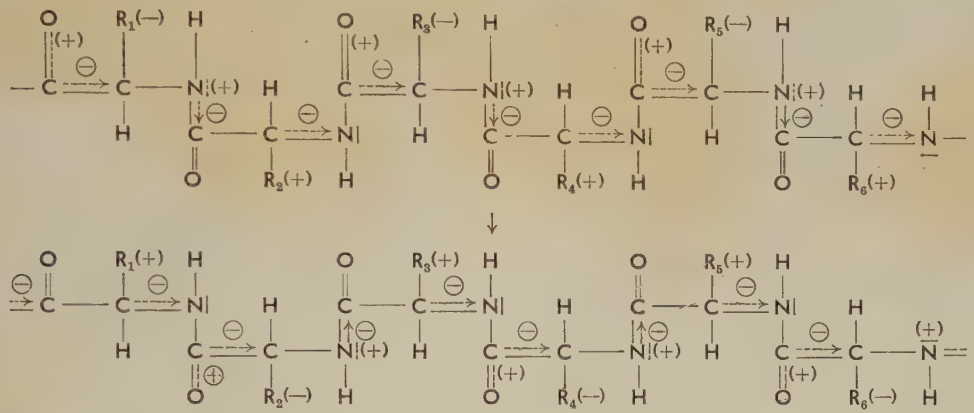
Mit dem Porphin-Ring (R) über die Vinylgruppe (n) als $\pi$-Komplexe (I) (2) vorliegende oder durch chemische Bindung erzeugte Dreiring-Strukturen, wie der durch Anlagerung von Diazoessigester an 10-Acetoxy-vinyl-phäoporphyrin $a_5$-dimethylester gebildete Cyclopropancarbonsäureester (II) (3), wie auch offene 3-Kohlenstoffsysteme (III, Dimethylprotoporphyrin) (4) sind durch Rotverschiebungen der Bandenmaxima, Veränderungen der Extinktionswerte sowie durch „eine ausgeprägte Lichtempfindlichkeit" (5) charakterisiert.

Dies beruht auf der Verknüpfung des aromatischen Dreirings mit dem aromatischen Porphinring.




Mit der Annahme polarer Dreipunkts-Strukturen lassen sich unsere Ergebnisse der $\alpha$- und $\beta$-Leitung

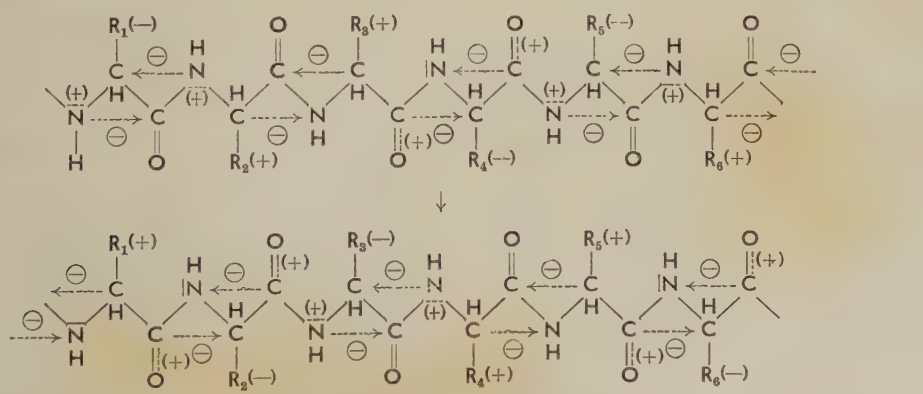
sowie der beobachteten Polarisationseffekte widerspruchslos deuten: die α-*Leitung* (6) in der α-Form von Cyclopeptiden (7) und cyclischen Peptiddisulfiden, wie auch in der α-Helix *Paulings* (8) verläuft bei den planaren Aminosäureeinheiten über alternierende homöopolare und „Triplett"-Bindungen $(\overset{\ominus}{\dashrightarrow})$, wie am Beispiel eines (in linearer Anordnung wiedergegebenen) Cyclo-Hexapeptids (IVa und IVb) erläutert werden möge: durch Zufuhr eines Elektrons in IVa (CO-Gruppe) und Abzug an der NH-Gruppe geht die Struktur IVa in IVb über, im ringgeschlossenen Hexapeptid (Verknüpfung der endständigen CO- und NH-Gruppe) sind die Strukturen IVa und IVb mit den beiden *Kékulé*-Strukturen vergleichbar.



IVa

IVb

Bei der β-Form (Va und Vb) erfolgt die Elektronenleitung *gleichzeitig* in beiden Richtungen über planare, aus zwei Dreiring-Systemen aufgebaute Vierringe über 1-Elektron-Bindungen $(\overset{\ominus}{\dashrightarrow})$: Durch gleichzeitige Elektronenverschiebung in entgegengesetzter Richtung erhalten *beide* Atomgruppen *beider* Endgruppen entgegengesetzte Ladung, wie am Beispiel eines Hexapeptid-Ausschnitts aus einem linearen Polypeptid erläutert werden möge:

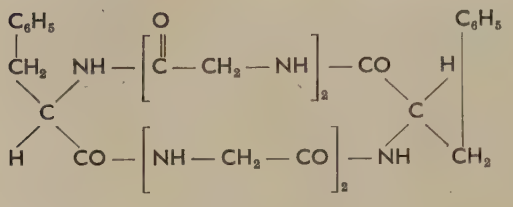


Va

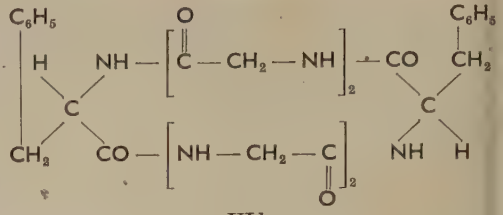
Vb

Die vorstehenden Formulierungen für die Elektronenleitung in der α- und β-konfigurierten Polypeptidkette erklären folgende experimentellen Befunde zwanglos: den Elektronenübergang in Redoxasen vom Elektronendonator zum Elektronenakzeptor (9); den Elektronentransport (10) und die Quantenausbeute (11) bei photochemischen Vorgängen über Peptidketten; die Radikalotropie (12) von mit Redoxsystemen verknüpften Polypeptiden; die Polarisation eingeschlossener Molekel in cyclischen Peptiddisulfiden (Chinon-Typ) (13) und Cyclopeptiden (6) (Pyrazolon-Typ) (14), (Dibenzanthracen-Typ) (7) mit Substituenten in 1,4-Stellung in der α-Form (7), in welcher die aromatischen bzw. heterocyclischen Seitenketten $R_1$ und $R_4$ *entgegengesetzte* elektrostatische Ladung erhalten (vgl. IVa und IVb), in der β-Form dagegen die räumlich benachbarten 1,2- und 1,3-Stellungen (vgl. in Va und Vb die Ladungen der Seitenketten $R_1$ und $R_2$ bzw. $R_1$ und $R_3$); die leichte Verdopplung unter Cyclisierung von Tri- und Pentapeptiden infolge elektrostatisch entgegengesetzter Ladung der betreffenden NH- und CO-Gruppen; den Übergang der *optisch aktiven α-Form* des Cycloglycyl-L-phenylalanyl-diglycyl-L-phenylalanyl-glycins (VIa) (7) und seines Antipoden (VIb) (15) beim Lösen in Dichloressigsäure in die *optisch inaktiven β-Formen* (VIc und VId) (16), verursacht durch die polarisierende Wirkung der Dichloressigsäure, welche die doppelt positiv geladenen, *nahezu* symmetrischen und *ebenen* Kationen VIc und VId unter Verlust der Tetraeder-Struktur erzeugt. Der Vorgang ist ganz oder teilweise reversibel, es ist bemerkenswert, daß die optisch *inaktiven* Kationen durch Strukturänderung (β-Form → α-Form) wieder optische Aktivität erlangen. Dies ist nur möglich, wenn VIc und VId nicht identisch sind.

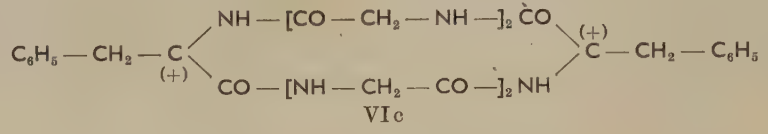
Die Elektronenleitung in Peptidketten über alternierende homöopolare und „Triplett"-Bindungen erfordert einen ähnlichen Mechanismus für die Funktion der prosthetischen Gruppen (17), damit erklärt sich gleich-



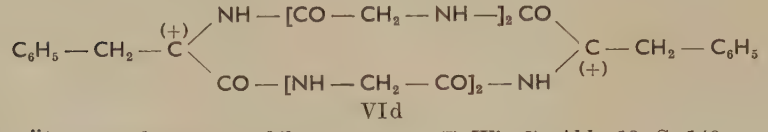
VIa



VIb



VIc



VId

zeitig, wie bei den Übergangselementen und ihren polaren Komplexsalzen, die „*metallische Leitung*" der polarisierten Peptidkette.

*Schrifttum*


1) 40. Mitteilung „Über Fermentmodelle" von *W. Lautsch* und Mitarb.

2) *Lautsch, W.* und Mitarb., Kolloid-Z. **144**, 82 (1955), vgl. insbes. Formel II S. 100.

3) *Fischer, H.* und *W. Lautsch*, Liebigs Ann. Chem. **525**, 259 (1936).

4) *Fischer, H.* und *M. Dürr*, Liebigs Ann. Chem. **501**, 110, 120 (1933).

5) *Fischer, H.* und *H. Orth*, „Die Chemie des Pyrrols". II, 1 S. 395 (Leipzig 1937).

6) *Lautsch, W.* und Mitarb., Chimia **13**, 129 (1959).

7) Wie 6), Abb. 19, S. 148.

8) *Pauling, L.* und Mitarb., Proc. Nat. Acad. Sci. **37**, 205, 235 (1951).

9) *Lautsch, W.* und Mitarb., Kolloid-Z. **144**, 82 (1955), vgl. insbes. Abb. 17, S. 100; ferner Kolloid-Z. **161**, 1 (1958) Schema 3 S. 24 und Schema 5 S. 34.

10) Wie 6), vgl. Abb. 6 E S. 136.

11) *Broser, W.* und *W. Lautsch*, Z. Naturforschg. **11 b**, 453 (1956).

12) Wie 6), vgl. Abb. 10 S. 141.

13) *Lautsch, W.* und *D. Günther*, Naturwiss. **44**, 492 (1957).

14) Wie 6), Abb. 17, S. 146.

15) *Lautsch, W.* und *R. Shingte* (unveröff.).

16) Wie 6), Abb. 5 D S. 133.

17) *Lautsch, W.*, Kolloid-Z. **166**, 55 (1959).


*From the Royal Institute of Technology, Stockholm (Sweden)*

# About T. Bohlin's Paper: On the Drag on Rigid Spheres, Moving in a Viscous Liquid Inside Cylindrical Tubes*)

*By Hilding Faxén*

(Received October 3, 1959)

If a rigid sphere with the radius $a$ moves with the velocity $u$ in a viscous liquid along the axis of a cylindrical tube with the radius $R$ the following drag formulae are obtained.

A. If the liquid itself does not move at great distances from the sphere

$$D = 6\,\pi\,\mu\,a\,u/f(q)\,.$$

B. If the liquid moves in *Poiseuille* flow with the central velocity $v$ at great distances from the sphere

$$D = 6\,\pi\,\mu\,a\,[u - v\,g(q)]/f(q)\,.$$

The notations have the following meanings:

$q = a/R$; $\mu$ = dynamic viscosity

$$f(q) = 1 - 2{,}10443\,q + 2{,}08877\,q^3 - 0{,}94813\,q^5 - 1{,}372\,q^6 + 3{,}87\,q^8 - 4{,}19\,q^{10} + \ldots$$

$$g(q) = 1 - 2\,q^2/3 - 0{,}1628\,q^5 - 0{,}4059\,q^7 + 0{,}5326\,q^9 + 1{,}51\,q^{10} + \ldots$$

These formulae are valid, if $\sigma = \varrho\,au/2\,\mu$ and $q^{11}$ are negligible as compared with unity.

The reviewer wishes to point out that the formula A. will be even more exact, if the second term in the denominator $f(q)$, according to the reviewer's calculations is written $-3\,\sigma/4 - L(\sigma)\,q$, where

$$L(0) = 2{,}10444;\ L(0{,}5) = 1{,}76;\ L(1) = 1{,}48;\ L(5) = 0{,}46.$$

The figure 2,10444 is a result of recalculation and agrees with the reviewer's calculations 1920.

*Bohlin*'s careful calculations were carried through without haring knowledge of *Habermann* and *Sayre* "Motion of rigid and fluid spheres in stationary and moving liquids inside cylindrical tubes" (Report 1143 from the Hydromechanics Laboratory, David Taylor's Model Basin, October 1958). The agreement is good as far as the results could be compared, but we hope, that the present results are still more accurate than those of the excellent paper mentioned. *Bohlin*'s manuscript was finished 2nd October 1957 in Swedish language.

*Haberman* has compared his resistance formula with experimental values. The measurements of *Francis* (Physics, IV, 11, 1933) give a somewath smaller resistance than both *Bohlin*'s values and *Haberman*'s "exakt" valus, which are almost equal up to $q = 0{,}6$ and independently calculated in different ways. The non-linear terms are left out in both calculations, but these should give a slightly greater resistance. The reviewer is unable to explain this difference between theory and experiment.

*) Trans. Roy. Inst. Technol. Stockholm **1959**, Nr. 155.

# Buchbesprechungen

**Lehrbuch der organischen Chemie.** Von *W. Langenbeck*-Halle. 17. Auflage. XVI, 564 Seiten mit 5 Abb. (Dresden und Leipzig 1958, Theodor Steinkopff Verlag). Preis: geb. DM 16,—.

Wenn ein Lehrbuch in 20 Jahren 17 Auflagen erlebt hat, dann hat es bestimmt seinen Wert und seine Zweckmäßigkeit bewiesen.

Die vorliegende 17. Auflage von *W. Langenbecks* „Lehrbuch der organischen Chemie" hält an der bewährten Stoffeinteilung fest, wie sie der Autor in den früheren Auflagen auf Grund der funktionellen Gruppen organischer Substanzen niedergelegt hat. Das Werk gliedert sich intern in zwei Bücher, von denen das erste die einfachen organischen Verbindungen der aliphatischen, aromatischen und heterocyclischen Reihe enthält. Daran schließt sich eine Einführung in die moderne Elektronentheorie der chemischen Bindung und der Reaktionsmechanismen. Das zweite Buch vermittelt in sechs reichgegliederten Kapiteln einen ausgezeichneten Einblick in spezielle Arbeitsgebiete der organischen Chemie, die sich vor allem aus dem weiten Gebiet der Naturstoffe und der synthetischen Chemie entwickelt haben. Das letzte Kapitel ist der Katalyse in der organischen Chemie, dem Hauptarbeitsgebiet des Verfassers, gewidmet.

Die 17. Auflage ist in allen Punkten auf den modernsten Stand gebracht worden und wurde durch wichtige neue Forschungsergebnisse ergänzt, die sich vor allem auf dem Gebiet der Eiweißchemie, der Enzymchemie und der Elektronentheorie ergeben haben.

Das Buch wird sich in seiner neuen, ergänzten Form auch weiterhin als einführendes Lehrbuch für die Studenten der Chemie, Pharmazie, Medizin und des höheren Lehramtes großer Beliebtheit erfreuen, zumal der Preis sehr niedrig ist.

*W. Ried* (Frankfurt a. M.)

**Chemie der Silikone.** Von *A. Hunyar*-Berlin. 2. Auflage. 344 Seiten mit 10 Abb. und 18 Tab. (Berlin 1959, Verlag Technik). Preis: geb. DM 22,80.

Das Buch von *A. Hunyar* gliedert sich in gewissermaßen traditioneller Form (vgl. *E. G. Rochow*, "An Introduction to the Chemistry of Silicones", 2. Aufl., New York 1951) in folgende Hauptabschnitte: I. Anorganische Verbindungen des Siliciums, II. Die Ester der Kieselsäure, III. Die monomeren siliciumorganischen Verbindungen, IV. Die polymeren siliciumorganischen Verbindungen, V. Die praktische Anwendung der Silikone und VI. Analytische Methoden der siliciumorganischen Chemie. Der Verfasser hat sich bemüht, in diesen Rahmen auch neuere Forschungsergebnisse einzuarbeiten: Jede Textseite enthält zahlreiche Literatur- und Patentzitate, die durch ein Verzeichnis von ca. tausend Quellenangaben ergänzt werden. Dem offenbar angestrebten Ziel nach Vollständigkeit ist damit wahrscheinlich Genüge getan. Daß aber auch „Fachleuten anderer Industriezweige" (ja selbst dem Chemiker) ermöglicht wird, eine klare Übersicht zu gewinnen und „die sog. Silikone in ihrer Anwendungsmöglichkeit zu studieren", muß man bezweifeln.

Ob das Buch nun als Einführung bezeichnet werden will, die auf S. 85 erklären muß, was *Grignard*-Verbindungen sind, oder ob es im Hinblick auf seine umfangreichen Literaturangaben Anspruch auf den Charakter einer Monographie erhebt, für beide Zwecke vermißt man die Betonung wesentlicher Gesichtspunkte, die den Leser dazu anleitet, zwischen *noch* und *nicht mehr* Problematischem zu unterscheiden, und die viele Einzeltatsachen automatisch an die Stelle zweiten Ranges verweisen würde – vor allem aber vom Autor systematische und sachliche Klarheit erzwänge.

So ist es beispielsweise unerfindlich, warum im Kapitel „Anorganische Verbindungen des Siliciums" der Abschnitt über Stickstoffverbindungen ausgerechnet mit der Ammonolyse des $(SiCl)_x$ eingeleitet wird, über ein Ammonolyseprodukt mit mehreren Silicium-Doppelbindungen zu Substanzen wie $SiCl_4 \cdot 6\ NH_3$, $Si_3N_4$, $(Si_2N_2)_x$ und $N(SiH_3)_3$ fortschreitet, dann die Isocyanate, Isothiocyanate und Cyanate behandelt, den Austausch funktioneller Gruppen am Silicium streift, um schließlich bei den Alkyl-aminosilanen und Alkyl-silazanen (die wahrhaftig nicht als anorganische Siliciumverbindungen bezeichnet werden können) zu enden (S. 27/36). Man ist erstaunt, in einem Abschnitt über die Herstellung der Si—C-Bindung unter der Überschrift „Darstellung mit Lithium" (gemeint sind Li-Alkyle) die präparativ interessante Reaktion $\rangle Si—Cl \rightarrow \rangle Si—H$ mit Hilfe von $LiAlH_4$ oder durch $H_2$ an Aluminium oder Zink zu finden (S. 82). Es überrascht nicht weniger, so verschiedenartige Reaktionen wie

$$\rangle Si—O—Si\langle + Hhal \rightarrow \rangle Si—hal + \rangle Si—OH$$

und $\rangle Si—Cl + ZnF_2 \rightarrow \rangle Si—F + (ZnFCl)$ einerseits und $\rangle Si—CH_3 + Cl_2 \rightarrow \rangle Si—CH_2Cl + HCl$ andererseits unter dem Titel „Halogenierung von Alkylsilanen" einträchtig beisammen zu sehen (S. 135/136). Die Tatsache, daß von den isomeren Chloräthyl-silanen $\rangle Si—CH_2—CH_2Cl$ und $\rangle Si—CHCl—CH_3$ das $\beta$-Isomere instabiler ist und mit alkohol. Kalilauge sehr viel schneller reagiert als das $\alpha$-Isomere, drückt der Autor folgendermaßen aus: „Das $\alpha$-Produkt ergab bei der Titration mit alkohol. Kalilauge einen Chlorgehalt von 4.4%, während das $\beta$-Produkt 99,8% Chlor enthielt." Das dabei entstehende Äthylen wird in der entsprechenden Reaktionsgleichung (103) mit Wasser als Äthanol gebunden (S. 140).

Diese Beispiele sind leider keine Einzelfälle. Den Rezensenten verließ der Optimismus endgültig auf S. 153, wo Dialkyldichlorsilane mit wasserfreien Metalloxyden, z. B. CuO, ZnO u. a. (in „ähnlichem Sinne" wie mit gewissen Salzhydraten), *hydrolysiert* werden. Er warf nur noch einen Blick auf „Zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten der Silikone" (S. 259 fast am Ende des Textes), die der Autor „durchaus erwartet" mit dem nächsten Ziel, „die Silikone allgemeineren Verwendungszwecken zuzuführen".

Kurz: Ein Buch, das dem Fachmann vielleicht bei der Suche nach Original-Literatur behilflich sein kann – jedoch keinesfalls originell, anregend und empfehlenswert. *U. Krüerke* (Bruxelles)

**Chemische Reaktionen in Stoßwellen.** Von *E. P. Greene* und *P. Toennies*-Providence, R. I. Übersetzt von *H. G. Wagner*-Göttingen (Fortschritte der physikalischen Chemie, Band 3) XV, 202 Seiten mit 85 Abb. und 15 Tab. (Darmstadt 1959, Dr. Dietrich Steinkopff Verlag). Preis: kart. DM 25,—.

Die Kinetik schneller Gasreaktionen und die Bestimmung von Zustandsgrößen und Zustandsgleichungen unter extremen Bedingungen haben in den letzten Jahren für die chemische und physikalische Grundlagenforschung und auch für wichtige technische Anwendungen immer mehr an Interesse und Bedeutung gewonnen. Für die experimentelle Behandlung der auf den erwähnten Gebieten vorliegenden Probleme hat sich die Stoßwellen-Technik als sehr fruchtbares Hilfsmittel erwiesen und wird auch in Zukunft die gleiche Rolle spielen. Die Zahl der einschlägigen Untersuchungen ist groß, zum Teil ist die Literatur verstreut oder nur sehr schwer oder auch nicht allgemein zugänglich. Es ist daher sehr zu begrüßen, daß die vorliegende Monographie diese Lücke ausfüllt. Die Verfasser haben sich bemüht, die bis Sommer 1957 erschienenen Arbeiten zu erfassen. Der Stoff ist auf sieben große Kapitel verteilt: 1. Vergleich der Stoßwellen-Methode mit anderen Verfahren zur Untersuchung von schnellen chemischen Reaktionen und Erscheinungen bei hohen Temperaturen (10 S.); 2. Die hydrodynamische Theorie der Stoßwellen-Ausbreitung in einem idealen Gas mit konstanter spezifischer Wärme (20 S.); 3. Berechnung von Stoßwellen-Daten für reale Gase (24 S.); 4. Theorie der Stoßfront (22 S).; 5. Die Erzeugung von Stoßwellen im Stoßrohr (28 S.); 6. Messung von Stoßwellen-Daten (30 S.); 7. Untersuchung chemischer Probleme mit Stoßwellen (mit tabellarischen Übersichten über die behandelten Reaktionen und ausführlicher Besprechung einiger ausgewählter Beispiele) (60 S.). Aus dieser kurzen Übersicht geht hervor, daß, entsprechend dem Charakter der Fortschrittsberichte, in deren Reihe die Monographie erschienen ist, grundlegende Theorie und Behandlung des Experiments in wohlabgewogener Weise nebeneinander stehen.

Das Buch, das sich sowohl an den Chemiker, speziell Physiko-Chemiker, als auch den Physiker wendet, ist insofern sehr geschickt aufgebaut, als es einerseits den speziell interessierten Leser zu tieferem Verständnis gelangen läßt, andererseits aber auch die Möglichkeit gibt, nur einen Überblick zu gewinnen. Zu erwähnen ist das jedem Kapitel angefügte Literaturverzeichnis, das die Wege zum Studium des Originalschrifttums öffnet, sowie das Namen- und Sachverzeichnis, die sehr sorgfältig abgefaßt sind. Das sehr gut ausgestattete Buch kann bestens empfohlen werden.

*L. Sieg* (Essen)

**Solvent Extraction in Analytical Chemistry** (Extraktionsverfahren in der analytischen Chemie). Von *G. H. Morrison*-New York und *H. Freiser*-Pittsburgh. XI, 269 Seiten mit 29 Abb. und 26 Tab. (New York 1957, John Wiley & Sons, Inc.). Preis: geb. $ 6,75.

Die ständig steigenden Anforderungen der modernen Technik haben zur Entwicklung von außerordentlich leistungsfähigen Extraktions-Trennmethoden geführt. Dabei scheint besonders typisch der enge Kontakt zwischen Praxis und Wissenschaft, so daß manche Arbeitsvorschriften, z. B. die Trennung des Urans von seinen Begleitern, unmittelbar aus dem Labor in die Fabrikation übergegangen sind. Im Grunde handelt es sich bei allen Extraktionsverfahren um das im organischen Labor schon lange bekannte „Ausschütteln", „Ausäthern usw.". Das Überraschende der neuen Methoden liegt vor allem in ihrer Ausdehnung auf die anorganische Chemie.

Als Ionenverbindungen neigen die anorganischen Körper nur wenig dazu, in organische Lösungsmittel überzugehen. Man muß sie daher zunächst in eine Form bringen, die für den beabsichtigten Zweck genügend organophil ist. Das geschieht durch Überführung in Komplexe und andere wenig dissoziierte Verbindungen. Die Solventextraktion ist daher untrennbar verbunden mit der Komplexchemie, und zum Teil auch mit der Kolloidchemie. Es ist interessant zu erfahren, daß z. B. die Komplexe mit hochmolekularen Fettaminen offenbar über Aggregationskräfte der Zentral-Metallionen, zur Bildung von Mizellen neigen und als solche in die organische Phase übergehen. Dies ist z. B. der Fall bei den technisch interessanten Verbindungen des Urans.

Auch sonst enthält das Buch von *Morrison* und *Freiser* eine für den Analytiker wertvolle Zusammenstellung von Theorie und Praxis der Extraktionsmethoden. Die vier einigermaßen selbständigen Hauptteile des Werkes bringen zunächst eine Einleitung in die Theorie und Kinetik der Komplexbildung und des Extraktionsvorganges überhaupt. In Teil 2 erfolgt danach die Besprechung der benötigten Geräte, Arbeitstechniken usw. Teil 3 behandelt das Arbeitsgebiet vom Standpunkt des „Gegenions", d. h. des Stoffes, den man zusetzen muß, um die günstigsten Extraktionsverhältnisse für das bearbeitete Ion zu schaffen. Teil 4 bringt endlich eine Reihe von gut ausgewählten praktischen Beispielen für Extraktionstrennungen. Literaturhinweise sind reichlich vorhanden, sie scheinen das behandelte Gebiet einigermaßen vollständig zu umfassen.

Eine Tabelle der gebräuchlichsten Lösungsmittel mit ihren physikalischen Konstanten, ein gut geordnetes Register der zu trennenden Ionen und ein allgemeines Register erhöhen die Brauchbarkeit des Buches.

*E. Pfeil* (Marburg/L.)

**Oberflächenchemie fester Stoffe.** Von *S. J. Gregg*-Exeter. Übersetzt von *O. Henning*-Jena. 271 Seiten mit 105 Abb. und 8 Tab. (Berlin 1958, Verlag Technik). Preis: geb. DM 21,—.

Sämtliche chemischen und physikalisch-chemischen Eigenschaften, die mit der Oberfläche eines festen Stoffes oder mit der Wechselwirkung zwischen Festkörper einerseits, Gas, Flüssigkeit oder anderen festen Stoffen andererseits zusammenhängen, innerhalb eines kurzgefaßten Buches zu erfassen, ist unmöglich. Dementsprechend muß bei der Auswahl der Themen das Interesse des Autors eine wichtige Rolle spielen. Das ist auch hier der Fall, doch muß festgestellt werden, daß eine glückliche – wenn auch willkürliche – Auswahl getroffen wurde. Die theoretischen Abhandlungen werden dem Leser immer durch bekannte praktische Erscheinungen sowie zahlreiche Beispiele aus dem täglichen Leben und der Industrie veranschaulicht, wobei auch die wichtigsten experimentellen Methoden eingehend beschrieben werden. Zur leichteren und besseren Erfassung des behandelten Stoffes dienen zahlreiche übersichtliche Diagramme und Photos. Für einen engeren Kreis von Fachleuten bringt das Buch Zusammenhänge mit verwandten Gebieten, für den Industriechemiker zahl-

reiche neue Anregungen und Erläuterungen, wobei Wert auf die einfache Anwendbarkeit der Theorie für praktische Zwecke gelegt wird.

In den einzelnen Kapiteln des Buches werden folgende Themen behandelt: Sorptionserscheinungen und Filme an festen und flüssigen Körpern, Beschreibung und Bestimmung der physikalischen Struktur und der Herstellung fester Körper, Adhäsion, Reibung, Schmierung, Chromatographie und Kontaktkatalyse. Bewußt ausgeschlossen bleiben von der Behandlung (unter anderem) die Vorgänge an Elektroden, elektrokinetische Erscheinungen und die kolloiden Sole.

Die deutsche Übersetzung der englischen Originalausgabe aus dem Jahre 1951 wurde durch das rapide Anwachsen des behandelten Gebietes nicht überflüssig, da die allgemeinen Grundprinzipien, auf die in dem Buch der meiste Nachdruck gelegt wird, auch beim heutigen Stand der Wissenschaft unverändert geblieben sind.

*I. Halász* (Frankfurt a. M.)

**Surface Active Agents and Detergents, Vol. II** (Oberflächenaktive Stoffe und Reinigungsmittel, Band 2) Von *A. M. Schwartz*-Washington, *J. W. Perry*-Cleveland und *J. Berch*-Washington. XV, 839 Seiten mit 26 Abb. und 2 Tab. (New York 1958, Interscience Publishers, Inc.). Preis: geb. $ 17.50.

Der 1949 erschienene I. Band war bereits bald nach seinem Erscheinen als ausgezeichnetes Standardwerk über oberflächenaktive Stoffe allgemein bekannt geworden. Er umfaßte die bis 1947 erschienene Literatur. Der Umfang des seitdem veröffentlichten Materials ist so groß, daß die Verfasser von ihrer ursprünglichen Absicht, eine die neue Literatur berücksichtigende Neuauflage herauszubringen, Abstand genommen haben. Statt dessen haben sie die von 1947 bis 1956 erschienene Literatur gesondert zu dem vorliegenden II. Band verarbeitet. Dies mag ein gewisser Nachteil sein, weil der Leser, der sich über ein bestimmtes Teilgebiet orientieren will, gezwungen ist, nacheinander in zwei Bänden nachzulesen. Man würde es begrüßen, wenn es sich später einmal ermöglichen ließe, die beiden Bände wieder zu einem geschlossenen Werk zu vereinigen.

Der I. Teil des vorliegenden II. Bandes befaßt sich zuerst mit neuen Herstellungsverfahren für an sich schon früher bekannte Klassen von grenzflächenaktiven Stoffen, um dann auf neue Klassen überzugehen, nämlich Silizium, Phosphor oder Fluor enthaltende Verbindungen, Disulfoxyde und polymere Produkte. Der II. Teil behandelt spezielle Eigenschaften und Wirkungen von grenzflächenaktiven Stoffen und von Mischungen solcher Stoffe untereinander oder mit Hilfsstoffen für spezielle Zwecke, ferner den physikalischen Zustand und die äußere Form, in welchen die Produkte in den Handel gebracht werden, sowie Analysenverfahren. Besonders hervorzuheben ist der III. Teil, welcher die physikalischen und kolloidchemischen Grundlagen der Wirkung grenzflächenaktiver Stoffe so ausführlich und gründlich behandelt, daß auch der Fachmann auf diesem Gebiet noch manches Interessante entdecken wird, was ihm nicht bekannt war. Der IV. Teil beschreibt schließlich die Anwendungsgebiete grenzflächenaktiver Stoffe auf den verschiedensten Gebieten von Industrie und Haushalt.

Man kann wohl mit einiger Sicherheit voraussagen, daß diesem Band wegen seiner Gründlichkeit, Zuverlässigkeit und seines umfassenden Charakters die gleiche Verbreitung und die gleiche Rolle als Standardwerk zukommen wird wie dem I. Band.

*H. Lange* (Düsseldorf)

**Rheology of Disperse Systems** (Rheologie disperser Systeme). Herausgegeben von *C. C. Mill.* VII, 223 Seiten mit 77 Abb. und 35 Tab. (London 1959, Pergamon Press, Ltd.). Preis: geb. 60 s.

11 Vorträge, gehalten auf einem von der Britischen Rheologischen Gesellschaft vom 19.–21. Sept. 1957 in Swansea, Wales, veranstalteten Symposium nebst Diskussionen.

In der Eröffnungsansprache gibt *J. G. Oldroyd* einen Überblick über komplizierte rheologische Eigenschaften von verdünnten dispersen Systemen, insbesondere von Suspensionen mit festen kugelförmigen Teilchen bzw. Flüssigkeitströpfchen (Emulsionen), sowie von festen Dispersionen mit Löchern bzw. starren Inklusionen als disperse Phase. Er behandelt dabei sukzessive das Verhalten bei einer langsamen stationären Deformationsgeschwindigkeit (bzw. einer kleinen konstanten Deformation), einer langsamen nicht-stationären Deformationsgeschwindigkeit (bzw. einer kleinen zeitlich veränderlichen Deformation) und zuletzt einer endlichen Deformationsgeschwindigkeit (bzw. einer endlichen Deformation). Im letzten Abschnitt werden die Begriffe der rotationsinvarianten Zeitableitung und der konvektiven Zeitableitungen (convected derivatives) kurz erläutert und der Zusammenhang zwischen diesen Größen und den Normalspannungseffekten aufgezeigt.

*S. G. Mason* und *W. Bartok* beobachteten das Verhalten von suspendierten Teilchen in einer laminaren (*Couette*)-Strömung. Bei kleinem Schergefälle rotieren Flüssigkeitskugeln und starre Kugeln mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit; mit wachsendem Gradienten hingegen werden die Flüssigkeitstropfen zu Ellipsoiden deformiert und die Rotationsgeschwindigkeit wird vermindert. Infolge der Translationsbewegung stoßen die einzelnen Teilchen häufig zusammen und bilden Dubletts von begrenzter Lebensdauer; allerdings findet dabei keine wirkliche Berührung statt, außer im Falle von Flüssigkeitströpfchen, wo unter Umständen eine Vereinigung eintritt. Sind die kollidierenden Teilchen von verschiedener Größe, so ist die Wechselwirkung viel komplizierter (spiralige oder elliptische Bahnen). Es werden einige Schlüsse bezüglich der Aggregationsgeschwindigkeit und der Viskosität in verdünnten Suspensionen gezogen.

*R. L. Whitmore* untersucht experimentell und theoretisch das viskose Fließen von Suspensionen durch enge Röhren und erklärt die Beobachtung, daß die Viskosität mit abnehmendem Rohrdurchmesser scheinbar kleiner wird, damit, daß infolge der Verarmung der langsam fließenden wandnahen Gebiete an Teilchen die Konzentration abnimmt. Diese Deutung macht verständlich, daß in Rotationsviskosimetern – wie beobachtet – ein derartiger Effekt nicht vorhanden ist.

*G. F. Eveson* untersucht den Einfluß der Größenverteilung von suspendierten Kugeln auf die Viskosität stabiler Suspensionen bei kleinen Schergeschwindigkeiten und kommt zu der Vorstellung, daß bei einer diskontinuierlichen Größenverteilung die großen Teilchen sich in einem „kontinuierlichen" Medium bewegen, welches aus der Suspension der kleinen Teilchen in der eigentlichen kontinuierlichen Phase besteht.

*N. Casson* stellt ein Reibungsgesetz für Pigment-Öl-Suspensionen (Druckfarben) auf und legt dabei die Vorstellung zugrunde, daß die im Ruhezustand gebildeten Aggregate infolge der beim Fließen auftretenden Kräfte in mehr oder weniger kleine Teilaggregate zerrissen werden.

*E. Bantoft* untersucht das Fließverhalten von Pigmentpasten mit einem Kegel-Platte-Viskosimeter bzw. einem *Brookfield*-Rotationsviskosimeter. Die gemessenen Pasten sind plastisch und lassen sich in drei Gruppen einteilen. Die erste gibt nichtlineare Fließkurven, die durch die (im vorstehenden Vortrag angegebene) Formel von *Casson* dargestellt werden können; die zweite und dritte befolgen die *Binghams*che Formel, die dritte zeigt außerdem Thixotropie. Einige wenige Pasten sind dilatant und zeigen einen negativen *Weissenberg*-Effekt.

*A. Jobling* und *J. E. Roberts* teilen einige Beobachtungen über Dilatanz (im ursprünglichen Sinne des Wortes) und über Thixotropie mit, die sie mit Hilfe der von *Weissenberg* eingeführten Methode der variablen Membran gemacht haben. Sie stellten fest, daß Dilatanz von der Art der Beanspruchung weitgehend unabhängig ist, wenn nur Deformation und Deformationsgeschwindigkeit hinreichend groß sind. Dagegen zeigen sich bezüglich der Relaxation erhebliche Unterschiede. Man kommt zu dem Schluß, daß das Dilatanzphänomen weiter verbreitet, aber auch komplexer ist, als bisher meist angenommen worden war.

*W. A. Dukes* teilt rheologische Messungen an Kittsubstanzen zur Versiegelung von Schraubgewinden (lutings) mit und geht dabei vor allem auf experimentelle Probleme, insbesondere auf die Verwendbarkeit der verschiedenen Viskosimeter- und Plastometertypen ein. Die gemessenen Substanzen sind plastisch mit bei niedrigen Schergeschwindigkeiten genähert *Binghams*cher Charakteristik.

*E. H. Steiner* behandelt die Rheologie von Schokoladenschmelzen und diskutiert die Ergebnisse der in verschiedenen Laboratorien mit verschiedenen Rotationsviskosimetern an einigen Standardproben erhaltenen Ergebnisse. Für hohe Schubspannungen ergibt sich ein genähert *Bingham*sches Verhalten; dagegen beobachtet man bei niedrigen Schubspannungen nichtlineares Verhalten im Sinne von Strukturviskosität. Der Einfluß von Feuchtigkeit, Teilchengröße, Fett- und Lecithingehalt, sowie die Temperaturabhängigkeit werden diskutiert.

*R. S. Lenk* untersucht die Beziehungen zwischen dem Amolysegehalt, dem Gesamt-Festkörpergehalt und den rheologischen Eigenschaften von Ton-Stärke-Ausrüstungen (coating mixes) für Papier.

*T. C. Daniels* schließlich mißt die „Viskosität" von Fließbetten mit einer Kugelfall-Methode.

*H. Giesekus* (Leverkusen)

**Botanica Marina.** Internationale Zeitschrift für die Erforschung und Auswertung von Meeresalgen. Band 1, Heft 1–2. 64 Seiten mit 33 Abb. (Hamburg 1959, Cram, de Gruyter & Co.). Abonnementspreis pro Band (= 4 Hefte): DM 28,—.

Die in 4 Jahresheften und unter Umständen einzeln berechneten Sonderheften herauskommende Zeitschrift für Meeresbotanik will nach den Programmen des Herausgeberkollegiums und der dahinter stehenden Hamburgischen Studiengesellschaft zur Erforschung der Meeresalgen dem Übergewicht terrestrischer Botanik die ergänzende Seite hinzufügen, aber nicht nur Algen, sondern alle Formen des Benthos und Plankton auf Taxonomie, geographische Verbreitung, Ökologie, Physiologie und chemische Zusammensetzung untersuchen. In solcher Vielschichtigkeit ihrer Ziele und Bestrebungen möchte die Zeitschrift aber auch dem Kolloidiker etwas bringen, eröffnet sie doch das erste Heft mit Untersuchungen osmotischer Verhältnisse von Rotalgen durch *R. Biebl*, um dann allerdings je eine geographische, ökologische und analytisch-chemische Arbeit anzuschließen. Die weiteren Hefte sollten eine zu starke Verkleinerung mancher Abbildungen, eine zu geringe Verkleinerung anderer vermeiden. Im übrigen ist die Ausstattung des Heftes ansprechend.

*H. H. Pfeiffer* (Bremen)

## Zur Besprechung eingegangene Bücher

(Besprechung vorbehalten)

**Aktuelle Probleme über Durum und Teigwaren. Berichte auf der Durum- und Teigwaren-Tagung vom 24.–25. Februar 1959 in Detmold.** 253 Seiten mit 45 Abbildungen und 61 Tabellen (Detmold 1959, Arbeitsgemeinschaft Getreideforschund e.V.). Preis: Ohne Preisangabe.

*Bergander, Emil*-Berlin: **Biochemie und Technologie der Hefe** (Technische Fortschrittsberichte, Band 59). X, 190 Seiten mit 15 Abbildungen (Dresden 1959, Verlagsbuchhandlung Theodor Steinkopff). Preis: Lw. DM 13,25.

*Boström, S.*: **Kautschuk-Handbuch, Band 1.** 423 Seiten mit 151 Abbildungen und 91 Tabellen (Stuttgart 1959, Berliner Union GmbH.). Preis: PVC-Einband DM 85,—.

*Brauns, R.* †, bearbeitet von *Karl F. Chudoba*-Bonn: **Spezielle Mineralogie** (Sammlung Göschen, Band 31/31a) **10. Auflage „Mineralogie".** 170 Seiten mit 125 Abbildungen und 4 Tabellen (Berlin 1959, Walter de Gruyter & Co.). Preis: Geh. DM 5,80.

# Referate

## 2. Grundwissenschaften

### *a) Physik*

*Gintis, D.* u. *E. J. Mead* (Kinston, N. C., USA). **Der Mechanismus der Pillingbildung.** (Text. Res. J. 29, 578–585, 1959.)

Die drei wichtigen Stufen der Pillingbildung: (1) Fusselbildung, (2) Verschlingungsneigung, (3) Pillingzerstörung wurden (1) mittels Messung der Faserreibung und Knicksteifigkeit, (2) Querschnittsprüfung und (3) Bestimmung der Scheuerbeständigkeit und Reißfestigkeit bei Viskose, Nylon, Dacron, Orlon, Wolle, Vicara und Acetat näher untersucht sowie der Einfluß der Thermofixierung (naß und trocken) studiert, welche die Pillingneigung vermindert. Günstig zur Pillingverhinderung erwies sich ferner: flacher Faserquerschnitt (wenn auch nicht im Anfangsstadium mäßigen Bürstens). *A. Sippel* (Freiburg i. Br.)

### *b) Physikalische Chemie*

*Hommelen, J. R.* (Univ. Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgien). **Die Ausschaltung der Fehler bei der Bestimmung der Oberflächenspannungen,**

**die durch Verdampfung des gelösten Stoffes auftreten.** (J. Colloid Sci. **14**, 385–400, 1959.)

Die Oberflächenspannung einer Anzahl von langkettigen Alkoholen und Säuren und deren wässerigen Lösungen wurde bestimmt. Hauptsächlich wurden die *du Noüy*sche Ringmethode und die Tropfenlänge-Methode angewendet. Es konnte gezeigt werden, daß die Oberflächenspannung der wässerigen Lösungen immer größer ist, wenn die Verdampfung des gelösten Stoffes nicht sorgfältig verhindert wird, als bei solchen Lösungen, bei denen keine Verdampfung stattfindet. Die Ringmethode gibt deswegen gute Gleichgewichtswerte nur im geschlossenen Behälter, und bei der Tropfenmethode muß der Tropfen ungefähr 2 mm über der Oberfläche der gleichen Lösung in einem abgeschlossenen System gebildet werden. Die Adsorptionsdaten für die untersuchten Lösungen wurden nach der *Gibbs*schen Gleichung berechnet. Einige Anomalien in früher veröffentlichten Resultaten werden diskutiert und als Folge der Verdampfung der gelösten Stoffe erklärt.

*E. Matijević* (Potsdam, N. Y., USA)

## *c) Anorganische Chemie*

*Glemser, O.* und *E. Preisler* (Anorg.-chem. Inst. d. Univ. Göttingen). **Das Molekulargewicht des orangeroten Isopolyvanadats.** (Naturwiss. **46**, 474, 1959).

Wegen geringer Befriedigung durch direkte Bestimmungen aus Diffusionskoeffizient und Dampfdruck von Lösungen und geringer Zuverlässigkeit salzkryoskopischer Bestimmung wurde vom Kaliumsalz in der Ultrazentrifuge mittels einer Methode der Gleichgewichtssedimentation und der graphischen Differentiation *Philpot*scher Schlierendiagramme die Berechnung ermöglicht (Mittelwert 1220, für das Kaliumdekavanadat 1192).

*H. H. Pfeiffer* (Bremen)

*White, M. L.* und *A. A. Frost* (Dept. of Chem., Northwestern Univ., Evanston, Ill., USA). **Die Keimbildungsgeschwindigkeit der übersättigten Kaliumnitrat-Lösungen.** (J. Colloid Sci. **14**, 247–251, 1959.)

Eine Methode für die kontinuierliche Herstellung kleiner Tröpfchen von Kaliumnitrat-Lösung in Mineralöl wurde entwickelt. Durch die Temperaturerniedrigung wurden die $KNO_3$-Lösungen übersättigt und dann die Kristallisation mikroskopisch mit gekreuzten Nicolprismen kinetisch verfolgt. Das gereinigte und käufliche (pro Analysi) Kaliumnitrat zeigten großen Unterschied in der Keimbildungsgeschwindigkeit. Während das durch eine dreifache Rekristallisation gereinigte $KNO_3$ homogene Kernbildung aufwies, konnten beim handelsüblichen Salz starke katalytische Effekte beobachtet werden.

*E. Matijević* (Potsdam, N. Y., USA)

## *d) Organische Chemie*

*Fuchs, O.* und *H. H. Frey* (Farbwerke Hoechst A. G., Frankfurt a. M.). **Wirkung kleiner Weichmacher-Konzentrationen in Vinylchlorid-Polymerisaten.** (Kunststoffe **49**, 213–216, 1959.)

Der bei Polyvinylchlorid und Polyvinylchloridmischpolymerisaten, die weniger als 15–20% Weichmacher enthalten, auftretende Versprödungseffekt wird durch die Annahme erklärt, daß die Weichmachermoleküle bei diesen Konzentrationen die Polyvinylchloridmoleküle unbeweglicher machen. Die angeführten Untersuchungsdaten stimmen mit dieser Vorstellung überein. Auf einige neuere Arbeiten, die sich mit der gleichen Erscheinung befassen, wird eingegangen.

*A. Giller* (Wiesbaden)

*Tewari, K. S.* (Dept. of Chem., Christ Church Coll., Kanpur, India). **Spektrophotometrische Bestimmung der Dissoziationskonstanten des $\alpha$-Nitroso-$\beta$-naphthol in wäßrigen Lösungen.** (Naturwiss. **46**, 445, 1959.)

Von dem bei verschiedenen Schwermetallbestimmungen benutzten Reagens ist nur die Dissoziationskonstante in Nichtelektrolyten bekannt; die in Wasser läßt sich spektrophotometrisch für verschiedene $p_H$-Werte aus der *Debye-Hückel*-Konstanten, der thermodynamischen Dissoziationskonstanten, der Konzentration und dem Dissoziationsgrad bestimmen.

*H. H. Pfeiffer* (Bremen)

## *f) Biologie und Medizin*

*Brown, F.* und *B. Cartwright* (Res. Inst. for Animal Virus Diseases, Pirbright, Surrey, Großbritannien). **Fraktionierung des Virus der Maul- und Klauenseuche durch Chromatographie an DEAE-Zellulose.** (Biochim. Biophys. Acta **33**, 343–346, 1959.)

Rohe Suspensionen von Maul- und Klauenseuchevirus wurden durch Chromatographie an DEAE-Zellulose in zwei Hauptfraktionen getrennt. Eine Fraktion bildet eine Komplementbindung mit dem Typ-spezifischen Antiserum, ist weniger infektiös und ist identisch mit der 7 m$\mu$-Komponente des Virus. Die andere Fraktion bildet ebenfalls eine Komplementbindung, ist jedoch stärker infektiös und ist identisch mit der 20 m$\mu$-Komponente. Die Rückgewinnung des Virus ist quantitativ, und es wurde auf diesem Wege eine beachtliche Reinigung der 20 m$\mu$-Komponente erzielt.

*E. Best* (Frankfurt a. M.)

*Patton, J. R.* und *W. Pigman* (Dept. of Biochem. University of Alabama, Medical Center, Medical Coll. and School of Dentistry. Birmingham, Ala., USA). **Mittels Elektrophorese und Ultrazentrifuge erhaltene Komponenten menschlicher Speicheldrüsensekrete.** (J. Amer. Chem. Soc. **81**, 3035–3039, 1959.)

Es wird über Untersuchungen von menschlichen Ohr- und Unterkieferspeicheldrüsensekreten mittels Elektrophorese und Ultrazentrifuge berichtet. Jedes Sekret enthielt etwa 10 bis 12 elektrophoretische Komponenten, obgleich auch einige individuell in geringer Menge und oft gar nicht auftraten. 3 oder 4 Komponenten waren auf der Ultrazentrifugen-Aufnahme zu finden. Eine einzelne Unterzungensekretion wurde analysiert und zeigte 6 Komponenten mit einer Hauptkomponente von 15,6 S. Alle Sekrete waren von Blutserum sehr verschieden. Die Gegenwart von verschiedenen Substanzen, die sich bei $p_H = 8{,}5$ als Kationen verhielten, wurde festgestellt. Die Ohrspeicheldrüse enthielt ferner noch kleine Anteile schnellaufender Komponenten. Beide, Ohr- wie auch Unterkieferspeicheldrüsensekret, zeigten manche Ähnlichkeiten, waren aber beide sehr verschieden von der einzigen untersuchten Probe des Unterzungensekrets.

*E. Best* (Frankfurt a. M.)

*Biebl, R.* (Pflanzenphys. Inst. d. Univ. Wien). **Zellphysiologische Beobachtungen an Blasenzellen einiger Rotalgen.** (Botanica Marina **1**, 3–14, 1959.)

Bestimmungen der Resistenz der Hypo- und Hypertonie zeigen die ungewöhnlich großen Unterschiede der osmotischen Resistenz der stark lichtbrechenden Blasenzellen. Untersucht wurden ferner der Tod durch Hypo- und Hypertonie, durch Abkühlung auf — 3° oder Erwärmung auf + 30°, wie der Widerstand gegen Trockenheit; in allen Fällen werden Unterschiede der Gattungen aufgedeckt. *H. H. Pfeiffer* (Bremen)

*Beller, F. K.* und *P. Glas* (Univ.-Frauenklinik, Tübingen). **Ungerinnbarkeit des Blutes als Folge der Plasminogenaktivierung.** (Naturwiss. **46**, 476, 1959.)

Dem mit Streptokinase aktivierten Plasminogen des Plasmas bzw. der Euglobuline wird ein Standardgerinnsel aus Thrombin und Fibrinogen zugesetzt, dann bleibt nach 10–20 min selbst mit hochkonzentriertem Thrombin die Gerinnung aus. wird aber nach neuem Fibrinogenzusatz restituiert.

*H. H. Pfeiffer* (Bremen)

*Diannelidis, Th.* und *K. Mitrakos* (Bot. Inst. d. Univ. Thessaloniki, Griechenland). **Vergleichende Untersuchungen über das Plasmalemma von Meeresalgen.** (Protoplasma **51**, 265–283, 1959.)

Die Resistenz der Zellen der verschiedenen Spezies gegen $Na_2CO_3$ dient als Maß der Stärke ihres (äußerlichen) Plasmalemma. Mittels lipoide Plasmaphasen verseifender KOH wird der Anteil der lipoiden Phase ermittelt, durch Behandlung auch mit Kaliumoxalat die Beteiligung des Ca untersucht. Je nach den betr. Arten zeigt das Plasmalemma verschiedene Ausbildung und eine abgestufte Schutzfunktion gegen wasserlösliche, dem Binnenplasma schädliche Stoffe.

*H. H. Pfeiffer* (Bremen)

*Enöckl, Fr.* (Pflanzenphys. Inst. d. Univ. Wien). **Vitalitätsprüfung reifer und überreifer Zellen aus dem Fruchtfleisch von Sorbus aria.** (Protoplasma **51**, 320–324, 1959.)

Die Vitalitätsüberlegenheit der Zellen aus festen, orangeroten Beeren vor solchen aus braunroten Früchten ergibt sich durch vergleichende Versuche mit verschieden konzentrierten Traubenzucker- und $KNO_3$-Lösungen, aus dem manchmal vereinzelten statt gehäuften Vorkommen von Stärke sowie besonders aus der Fluoreszenz der Zellen nach Färbung mit Uranin 1:10000 bei $p_H$ 4,8. *H. H. Pfeiffer* (Bremen)

*Höfler, K.* (Pflanzenphys. Inst. d. Univ. Wien). **Permeabilität und Plasmabau.** (Ber. d. D. Bot. Ges. **72**, 236–245, 1959.)

Die Übersicht über die Permeation als der nach dem *Fick*schen Gesetz gemäß dem Konzentrationsgefälle erfolgenden Diffusion beginnt mit den beiden Bestimmungsweisen der mikrochemischen Analyse des Zellsaftes und der allgemeinen und auch auf Zellen im Gewebeverbande anwendbaren Plasmometrie. Die Erörterung der anatomischen Grundlagen der Permeation führt zur Annahme hemmender Lipoidschichten im *gesamten* Plasma und weist deren Lokalisierung in bestimmten Grenzschichten zurück. Für die Annahme der Kontinuität eines Eiweiß-Lipoid-Komplexes des Grundplasmas sprechen die mitgeteilten Färbungsversuche ebenso wie die Wasserunmischbarkeit des Plasmas, die in Permeabilitätsänderungen nachgewiesene Porenphase, der jahreszeitliche Wechsel des Harnstoff- und des Glycerintyps der Permeation und elektronenoptische Bilder. Gefragt wird, ob die Permeation lipoidlöslicher Stoffe durch das Grundplasma auf dem Lipoidwege erfolge.

*H. H. Pfeiffer* (Bremen)

*Kaiser, F., E. Haack* und *H. Spinnler* (Forsch.-Lab. d. Fa. C. F. Boehringer & Soehne GmbH., Mannheim-Waldhof). **Neodigoxin, ein neues Glykosid aus den Blättern von Digitalis lanata Ehrh.** (Naturwiss. **46**, 447–448, 1959.)

Die mit Digoxin in der Zusammensetzung übereinstimmende, in der Verknüpfung der mittel- und endständigen Digitoxose verschiedene Substanz wird aus bestimmten Anreicherungsfraktionen durch Verteilungschromatographie an Formamidzellulosesäulen mit Chloroform und Cyclohexan-Tetrahydrofuran-Chloroform isoliert und durch Kristallisation aus Aceton-Äther-Petroläther rein dargestellt. *H. H. Pfeiffer* (Bremen)

*Kewitz, H.* (Pharmakol. Inst. d. Freien Univ. Berlin, Dahlem). **Isolierung und Kristallisation von 4-Aminobuttersäurecholinester sowie von Spermidin und Putrescin aus Warmblütergehirn.** (Naturwiss. **46**, 495–496, 1959.)

Papierchromatographisch werden das Cholin und die Hydrolyseprodukte in saurem Lösungsgemisch (*n*-Butanol/*n*-Propanol/Äthanol/80% Ameisensäure/Wasser 6:2:1:1:2) und in ammoniakalischem (*n*-Propanol/25% $NH_3$/Wasser 6:3:1) getrennt; Einzelheiten s. in: Arch. exp. Path. Pharmakol. **236**, 41 (1959). Auch die weiter untersuchten Substanzen Spermidin und Putrescin werden nach ihrem $R_f$-Wert und ultrarot-spektrographisch bestimmt. *H. H. Pfeiffer* (Bremen)

*Pfeiffer, H. H.* (Labor. f. Polar.-Mikrosk., Bremen I). **Protoplasmatische und biorheologische Untersuchungen an pflanzlichen Milchsäften.** (Protoplasma **51**, 307–312, 1959.)

Aus den rheologischen Versuchen wird auf Nicht-*Newton*sches Fließverhalten der Säfte in Kapillaren geschlossen, dennoch aber werden sie nach anderen Kriterien nicht wie von *G. Berthold* als Plasma, sondern als Zellsaft gedeutet.

(Autorenreferat)

*Stieve, H.* (Biolog. Anst. Helgoland, Hamburg-Großflottbeck). **Über die Bedeutung von Natrium- und von Kaliumionen für das Belichtungspotential der Retina des Einsiedlerkrebses.** (Naturwiss. **46**, 479, 1959.)

Das Potential mit monochromatischer Belichtung (1 sec 800 Lux) und die maximale Amplitude des Potentials werden durch $K^+$ sehr schnell reversibel herabgesetzt, durch $Na^+$ nur wenig verändert.

*H. H. Pfeiffer* (Bremen)

## 3. Grenzflächenerscheinungen

### *a) Grenzflächenstrukturen*

*Myers, R. R., J. C. Miller* und *A. C. Zettlemoyer* (Lehigh University, Bethlehem, Pa., USA). **Die Spaltung dünner Flüssigkeitsfilme. Kinematische Beobachtungen.** (J. Colloid Sci. **14**, 287–299, 1959.)

Eine Apparatur, bestehend aus einer rotierenden Glasscheibe und einem Stahlkegel, um das Verhalten der Flüssigkeiten in einem Walzenspalt zu studieren, wurde konstruiert. Die Effekte wur-

den durch Hochgeschwindigkeitsphotographie (2000 Aufnahmen/sec) und Kinematographie verfolgt. Als Versuchsflüssigkeiten dienten Indoil-Polybuten H-100 und Leinöl. Bei niedrigen Geschwindigkeiten fließt die Flüssigkeit gegen die Walzendrehung in das Gebiet der niedrigeren Drucke, wo dann das Spalten erfolgt. Bei größeren Geschwindigkeiten entstehen Blasen. Die Blasenzahl nimmt mit der Geschwindigkeit und der Filmdicke zu, während sie mit dem Spaltdruck ein wenig abnimmt. Ein Zusatz von festen Teilchen (Pigmente) fördert die Blasenbildung.

*E. Matijević* (Potsdam, N. Y., USA)

*Sobotka, H., M. Demeny* und *M. Arnaki* (Dept. of Chem., Mount Sinai Hospital, New York, N. Y., USA). **Multimolekulare Filme der Trijodstearinsäure.** (J. Colloid Sci. **14**, 281–286, 1959.)

Die Oberflächenfilme der 10,13,16-Trijodstearinsäure an einer wäßrigen Lösung von $8 \cdot 10^{-4}$ *M* $KHCO_3$ und $1 \cdot 10^{-4}$ *M* Bariumacetat ($p_H = 8{,}2$) wurden bei verschiedenen Temperaturen (4°, 22° 37°) untersucht. Aus den Druck/Oberflächen-Kurven wird geschlossen, daß bei höheren Drucken die monomolekularen Filme in trimolekulare übergehen, bevor ein Zusammenbruch stattfindet. Eine genaue Vorschrift für die Zubereitung der gebrauchten Säure wird angegeben.

*E. Matijević* (Potsdam, N. Y., USA)

*Yamaguchi, S.* (Inst. of Phys. and Chem. Res., 31 Kamifuji (Hongo), Tokyo, Japan). **Die Messung der Magnetisierung dünner Filme.** (J. Colloid Sci. **14**, 452–454, 1959.)

Das Magnetisieren eines Nickel- und eines Eisenfilmes wurde durch die Beugung des Elektronenstrahles im magnetischen Feld gemessen. Als Beziehungsdiagramm diente das Beugungsbild des nichtferromagnetischen Goldfilmes. Durch den Vergleich des Beugungsdiagrammes des Goldfilmes mit dem des untersuchten Metalles kann man dann das Ausmaß der Magnetisierung berechnen. Die Methode der Filmvorbereitung, der Messung und der Auswertung der Resultate wird eingehend beschrieben. *E. Matijević* (Potsdam, N. Y., USA)

### *b) Grenzflächenspannung und Adsorption*

*Jellinek, H. H. G.* (U.S. Army Snow Ice and Permafrost Res. Establ., Wilmette, Ill., USA). **Adhäsionseigenschaften von Eis.** (J. Colloid Sci. **14**, 268–280, 1959.)

Die Adhäsionseigenschaften von Eis an Stahl, Polystyrol und Polymethylmethacrylat als Funktion der Querschnittsoberfläche, der Dicke der Eisschicht und der Temperatur wurden experimentell untersucht. In der gebrauchten Apparatur wurden entweder Spannungs- oder Scherkräfte angewandt. Das Eis wurde zwischen zwei Metallplatten oder einer Metall- und einer plastischen Platte eingesetzt, Die Scherexperimente haben gezeigt, daß die Adhäsionsstärke von Eis/Stahl unabhängig von der Querschnittsoberfläche und der Eisschicht ist, daß sie aber mit der Erniedrigung der Temperatur bis — 13° wächst, wo ein scharfer Übergang zum Kohäsionszusammenbruch stattfindet. Mit dem Eis/Polystyrol-System wurde direkte Proportionalität zwischen der Adhäsionskraft und der Temperatur bis — 15° gefunden. Die Spannungsexperimente wurden nur mit Eis/Polystyrol und Eis/Polymethylmethacrylat durchgeführt, wobei eine lineare Abhängigkeit zwischen der Temperatur und der Adhäsionskraft bis zu — 25,5° festgestellt wurde. Die experimentellen Daten werden durch die Annahme einer Flüssigkeitsschicht zwischen dem Eis und der anderen festen Phase erklärt. Die Breite und die Konsistenz dieser Schicht soll von der Temperatur und von der Natur der festen Phasen abhängig sein. *E. Matijević* (Potsdam, N.Y., USA)

*Defay, R.* und *J. R. Hommelen* (Univ. Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgien). **Die Bedeutung der Diffusion im Adsorptionsprozeß einiger Alkohole und Säuren in verdünnten wässerigen Lösungen.** (J. Colloid Sci. **14**, 411–418, 1959.)

Der Adsorptionsprozeß in wässerigen Lösungen erfolgt in zwei Stufen: erstens diffundieren die Moleküle des gelösten Stoffes aus der Tiefe der Lösung in eine Schicht unmittelbar unter der Oberfläche und dann werden die Moleküle aus dieser Schicht an der Oberfläche adsorbiert. Sehr genaue Bestimmungen der statischen und dynamischen Oberflächenspannung ergaben, daß die Adsorption der Monoalkohole und monobasischen Säuren aus verdünnten Lösungen in der Grenzfläche Luft/Lösung durch den Diffusionsprozeß beherrscht wird. Eine Gleichung, die die Oberflächenkonzentration mit dem Diffusionskoeffizienten und dem Oberflächenalter verbindet, wurde entwickelt. Die Gleichung wurde durch eigene Resultate und Daten anderer Autoren erfolgreich bestätigt.

*E. Matijević* (Potsdam, N. Y., USA)

### *c) Elektrische Grenzflächenerscheinungen*

*Rutgers, A. J., M. DeSmet* und *W. Rigole* (Laboratory of Physical Chemistry, University Ghent, Belgien). **Strömungsströme in nichtwässerigen Lösungen.** (J. Colloid Sci. **14**, 330–337, 1959.)

Die elektrophoretischen Potentiale des Tetraisoamylammoniumpikrats in Benzol im Konzentrationsgebiet von $10^{-7}$ bis $10^{-3}$ Mol/l wurden bestimmt. Gemessen wurde der Strömungsstrom in Kapillaren verschiedener Länge (5, 24,8 und 101,3 cm) und verschiedener Durchmesser (0,188, 0,126, 0,0546 und 0,0213 cm), wobei Länge und Breite der Kapillare einen großen Einfluß ausübten. In niedrigen Konzentrationen der untersuchten Lösungen sind sehr hohe elektrophoretische Potentiale gefunden worden (— 280 mV). Die Resultate stehen in guter Übereinstimmung mit der entwickelten Theorie.

*E. Matijević* (Potsdam, N. Y., USA)

## 4. Kolloide Systeme

### *a) Dispersionen*

*Prakash, S.* und *A. K. Ghosh* (Chem. Lab., Univ. of Allahabad, Indien). **Der Einfluß des Ultraschalls auf Silber-Hydrosol.** (J. Colloid Sci. **14**, 338–342, 1959.)

Ein Silber-Hydrosol wurde durch Ultraschallwellen mit einer Frequenz von 1 MHz und der Kraft von 225 Watt/cm² behandelt. Während der Bestrahlung wurde das gelbe Sol allmählich entfärbt unter gleichzeitiger Zunahme der Leitfähigkeit, des $p_H$-Wertes und Abnahme der Viskosität. Die Änderung in der Aktivität der $Ag^+$ während des Prozesses wurde potentiometrisch verfolgt und eine zehnfache Zunahme festgestellt. Die Untersuchung der Kinetik des Prozesses durch die photometrische Messung der Farbenbleichung hat ergeben, daß eine Reaktion 1. Ordnung stattfindet. Der Prozeß ist als eine Oxydation der Silberatome durch Sauerstoffradikale anzusehen.

*E. Matijević* (Potsdam, N. Y., USA)

## 6. Experimentelle Methodik

### *a) Methoden und Geräte*

*Cheesman, D. F.* und *O. Sten-Knudsen* (Dept. of Physiol., Bedford Coll., Univ. London, Großbritannien). **Eine Methode zur Untersuchung der Elastizitätseigenschaften von Protein-Monoschichten.** (Biochim. Biophys. Acta **33**, 158–163, 1959.)

Es wird eine Methode beschrieben zur Messung des Elastizitätsmoduls von Protein-Monoschichten auf einer Luft-Wasser-Grenzfläche. Die Methode besteht in der Verdrängung eines in den Film eingeschlossenen magnetischen Schwimmers durch eine bekannte Kraft, die von einem Solenoid erzeugt wird. Die Methode ist bereits bei unvollständig ausgebreiteten Filmen anwendbar.

*E. Best* (Frankfurt a. M.)

*Gohl, W.* (Waiblingen). **Zur Messung der „Formbeständigkeit in der Wärme".** (Kunststoffe **49**, 228–229, 1959.)

Es wird gezeigt, daß die *Martens*-Prüfung zur Bestimmung der Wärmebeständigkeit von Thermoplasten nicht geeignet ist. Ein den Thermoplasten besser angepaßtes Prüfverfahren ist die Becherprüfung. Bei dieser werden in den *Martens*-Schrank becherförmige Prüfkörper eingesetzt und nur sehr kleine Belastungen angewandt. Als Meßergebnis erhält man die Selbstverformungstemperatur des geprüften Thermoplasten.

*A. Giller* (Wiesbaden)

*Weßlau, H.* (Max-Planck-Inst. f. Kohlenforsch., Mülheim/Ruhr). **Lösungsviskositätsmessungen von Handels-Polyolefinen. Vorschlag für eine Vereinheitlichung.** (Kunststoffe **49**, 230–231, 1959.)

Es wird vorgeschlagen, die Viskositätskennzahlen an Polyolefinen in der folgenden Weise zu ermitteln:

0,1000 g Polymeres in 90,35 ml Dekalin unter Zugabe von 10 mg Phenyl-$\beta$-naphthylamin auflösen und die Viskosität in einem definierten Viskosimeter bei 135.0° messen. Für die Berechnung der reduzierten Viskosität wird eine Formel angegeben. *A. Giller* (Wiesbaden)

*Bateman, J. B., E. J. Weneck* und *D. C. Eshler* (U.S. Army Chem. Corps, Fort Detrick, Frederick, Md., USA). **Die Bestimmung der Teilchengröße und der Konzentration aus spektrophotometrischer Durchlässigkeit.** (J. Colloid Sci. **14**, 308–329, 1959.)

Es wird gezeigt, daß man mit einem einfachen Spektrophotometer und bestimmten mathematischen Interpolationen der Ausdrücke der *Mie*schen Theorie die Größe und die Konzentration der Teilchen in Suspensionen ermitteln kann. Die Methode wurde an vier verschiedenen Polystyrolsuspensionen in Wasser im sichtbaren und nahen ultravioletten Spektalgebiet (3500–10000 Å) geprüft. Experimentell wurden spezifische Extinktionen ($E/c$) in einem modifizierten Beckman DU Spektrophotometer gemessen. Dieselben wurden dann mit den totalen Lichtstreuungskoeffizienten $K(\tau)$, die aus den tabellarisierten Daten für $[K(\alpha)_m]$ berechnet wurden, verglichen. Die dann berechneten Teilchengrößen stimmten ausgezeichnet mit den elektronenmikroskopischen Befunden überein. Weiterhin wurde festgestellt, daß die experimentell bestimmten Steigungen – ($d \log E/d \log \tau$) in sehr gutem Einklang mit den theoretischen Werten für $d \log K/d \log \alpha$ (wobei $\alpha = 2 \pi r/\lambda$) standen.

*E. Matijević* (Potsdam, N. Y., USA)

*Defay, R.* und *J. R. Hommelen* (Univ. Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgien). **Die Messung der dynamischen Oberflächenspannung der wässerigen Lösungen mittels der Methode des sinkenden Meniskus.** (J. Colloid Sci. **14**, 401–410, 1959.)

Eine Apparatur zur Bestimmung der dynamischen Oberflächenspannung wird eingehend beschrieben. Die Methode beruht auf der Höhenmessung der Flüssigkeitssäule in einem Glasrohr, das an dem oberen Ende eine polierte Kapillarenöffnung besitzt. Die Höhe der Flüssigkeit wird durch Senken des Gefäßes mit der Lösung, in die das Glasrohr eingetaucht ist, geregelt. Wenn die kritische Länge der Flüssigkeitssäule erreicht wird, bricht der Meniskus von der Öffnung ab. Der Apparat ist so konstruiert, daß die Verdampfung des gelösten Stoffes, die Oberflächenausdehnung und die Beschmutzung eliminiert werden. Die mit der beschriebenen Apparatur gemessenen Oberflächenspannungen von Caprinsäure- und Decylalkohollösungen bei 20° für ein Oberflächenalter von einer Sekunde bis zu einer Minute werden angegeben. *E. Matijević* (Potsdam, N. Y., USA)

*Mahl, H.* und *W. Weitsch* (Abt. f. Elektronenoptik d. Fa. Carl Zeiss, Oberkochen). **Nachweis von fluktuierenden Ladungen in dünnen Lackfilmen bei Elektronendurchstrahlung.** (Naturwiss. **46**, 487–488, 1959.)

Bei Anwendung der Schattenmethode *L. Martons* (J. Appl. Physics **20**, 1171, 1949) auf dünne Formvar- und Kollodiumlackfilme in der Elektronenmikroskopie läßt sich schließen, daß bei der Elektronendurchstrahlung innere Aufladungen auftreten, welche durch Feldemission ausgeglichen werden. Die von den fluktuierenden Querfeldern in der Folie hervorgerufenen Ablenkungen liegen aber innerhalb der von Elektronenlinsen fehlerfrei verarbeiteten Winkelbereiche, stören also die elektronenmikroskopische Aufnahme nicht.

*H. H. Pfeiffer* (Bremen)

*Reimer, L.* (Physik. Inst. d. Univ. Münster/Westf.). **Elektronenmikroskopie an Dünnschnitten einer Al-Ag-Legierung.** (Naturwiss. **46**, 443, 1959.)

Nicht zu harte Legierungen erlauben mittels Dünnschnitt-Technik mit Diamantmesser stärkere Kompressionen im Gefüge des Schnittes zu vermeiden und bei statistischer Auswertung den Längen zu eindeutigen Befunden zu gelangen.

*H. H. Pfeiffer* (Bremen)

*Yamaguchi, S.* (The Inst. of Phys. a. Chem. Res. 31 Kamifuji, Hongo, Tokyo, Japan). **Zur Messung des Netzebenenabstandes beim Elektronenreflexionsbild.** (Naturwiss. **46**, 472, 1959.)

Für die auf oxydierten Legierungsoberflächen mit kontinuierlich veränderten Wellenlängen eingestrahlten Elektronen wird der Abstand aus Wellenlängenänderung, gemessener Ausdehnung des Beugungsfleckes und Kameralänge ermittelt.

*H. H. Pfeiffer* (Bremen)

### *b) Analyse*

*Arendt, I.* und *H.-J. Schenck* (Berlin-Siemensstadt). **Analyse von Polyestern mit Hilfe der Papierchromatographie.** (Kunststoffe **49**, 321–322, 1959.)

Es wird eine neue Chromatographierphase vorgeschlagen, bei deren Anwendung Fumarsäure und Äthoxybernsteinsäure die gleichen $R_f$-Werte haben.

*A. Giller* (Wiesbaden)

*Fijolka, P., R. Kayler* und *I. Lenz* (Inst. für Kunststoffe der Deutschen Akad. der Wissenschaften zu Berlin, Berlin-Adlershof). **Zur chromatographischen Analyse der Dicarbonsäuren in Polyestern.** (Kunststoffe **49**, 222–225, 1959.)

Die Verfasser haben den Einfluß der alkoholischen Lauge auf die ungesättigten Dicarbonsäuren bei der Verseifung von Polyestern untersucht. Sie weisen dabei auf Unterschiede ihrer Arbeitsweise zu der von *Arendt* u. *Schenck* hin und erörtern die beiderseitigen Ergebnisse.

Zur Vermeidung von Analysenfehlern wird die Verwendung von wäßriger Kalilauge vorgeschlagen. Für die in Polyestern vorkommenden Dicarbonsäuren werden papierchromatographische Trennungs- und Identifizierungsmethoden angegeben.

In der anschließend wiedergegebenen Diskussion mit *Arendt* u. *Schenck* schlagen diese eine sinngemäße Kombination der Arbeitsmethoden der verschiedenen Autoren vor.

*A. Giller* (Wiesbaden)

*Mocker, F.* (Veith-Gummiwerke AG., Höchst/Odenw.). **Polarographische Bestimmung von Beschleunigern, Alterungsschutzmitteln und anderen organischen Substanzen, die in der Gummi-Industrie verarbeitet werden. 2. Teil.** (Kautschuk und Gummi **12**, WT 155–WT 159, 1959.)

Es wird die Bestimmung von Cyclohexyl-2-benzothiazyl-sulfenamid und Diäthylthiocarbamyl-2-mercaptobenzothiazol in Lösung, in Batchen und in Vulkanisaten beschrieben. Aus den gemessenen Abhängigkeiten der Reduktionspotentiale vom $p_H$-Wert und der Reduktionsstufenhöhe von der Konzentration werden die notwendigen Eichkurven abgeleitet. *A. Giller* (Wiesbaden)

*Oehme, F.* (Inst. zur Entw. moderner chem.-phys. Analysenmethoden, Weilheim, Obb.) **Analyse technischer Formaldehydlösungen durch kombinierte Messungen der Dielektrizitätskonstante und der Dichte** (Kunststoffe **49**, 226–227, 1959.)

Methanolhaltige Formaldehydlösungen, aus denen die Ameisensäure entfernt wurde, können durch Bestimmung der Dichte und der Dielektrizitätskonstante analysiert werden. Beide Meßwerte führen mit Hilfe eines Dreiecksdiagrammes sofort zum gesuchten Formaldehyd- und Methanolgehalt. *A. Giller* (Wiesbaden)

*Hively, R. A.* u. *C. W. Wadelin* (Akron, O., USA). **Die Bestimmung von freiem Schwefel in Beschleunigern.** (Rubber Chem. Technol. **32**, 123 bis 127, 1959.)

Durch chromatographische Adsorption an Aluminiumoxyd in benzolischer Lösung kann eine Trennung von Schwefel und schwefelhaltigen Beschleunigern durchgeführt werden. Der Schwefel wird anschließend polarographisch bestimmt. Während die Methode bei Thiuramsulfiden, Dithiocarbaminaten, Mercaptobenzothiazolen und einigen Sulfenamiden in kurzer Zeit zu reproduzierbaren Ergebnissen führt, versagt sie bei N,N-Diisopropyl-2-benzothiazolylsulfenamid.

*G. Kemme* (Hannover)

*Klämt, H.-D.* (Inst. f. Obstbau d. Univ. Bonn). **Die Chromatographie der Indolyl-3-Essigsäure.** (Ber. d. D. bot. Ges. **72**, 185–187, 1959.)

Bei der Wuchsstoffchromatographie in ammoniakalischen Lösungsmitteln treten keine Schwierigkeiten auf, sondern erst bei Gebrauch neutral bis schwach sauer gepufferter Medien. Wenn Indolylessigsäure mitbehandelt wird, entstehen unterschiedliche $R_f$-Werte für auf das Papier aufgetragene K-Salze, die dissoziierte und die undissoziierte Form der Säure. Eine $R_f$-Verschiebung ergibt sich auch, wenn ein ätherischer Pflanzenextrakt unter Zusatz synthetischer Indolylessigsäure in $H_2O$ chromatographiert wird. Ätherlösliche niedere Fettsäuren ergeben in Begleitung von Wuchsstoffen einen recht hohen $R_f$-Wert und Schwanzbildung bis zum Startfleck. Dem Einfluß des durch eine Extraktion veränderten Lösungsmittels ist Beachtung zu schenken. *H. H. Pfeiffer* (Bremen)

*Schlögl, K.* (II. Chem. Inst. d. Univ. Wien). **Eine neue Farbreaktion zum Nachweis organischer Säuren auf Papierchromatogrammen.** (Naturwiss. **46**, 447, 1959.)

Wenn das Chromatogramm mit einer 0,01 bis 0,02% wäßrigen Lösung des Natriumsalzes des Dischwefelsäureesters des Dihydroindanthroazin besprüht und kurz erwärmt wird, bildet sich mit verschiedenen organischen Säuren unlösliches blaues Indanthren; überschüssiges Reagens wird mit verdünnter NaOH und viel Wasser ausgewaschen (auch für Dokumentation geeignet).

*H. H. Pfeiffer* (Bremen)

## 7. Kunststoffe und Kautschuk

### *a) Polyplaste*

*Beck, H.* (Kunststoff-Rohstoff-Lab. III der Anwendungstechn. Abt. der BASF, Ludwigshafen/Rh.). **Polystyrol – Gegenwart und Zukunft.** (Kunststoffe **49**, 209–212, 1959.)

In allgemeiner Darstellung werden die Entwicklung der Polymerisation und Mischpolymerisation des Styrols sowie die Verarbeitung und Eigenschaften der Polymerisate geschildert.

*A. Giller* (Wiesbaden)

*Eggert, J.* und *H. Hopff* (Zürich, Schweiz). **Über den Angriff von Polystyrol durch Insektenlarven.** (Kunststoffe **49**, 323, 1959.)

Fliegenmaden hinterlassen auf Polystyrol Angriffsstellen, die sich in ihrem Habitus deutlich von künstlich hervorgerufenen Lösungsmittelbeschädigungen unterscheiden. Es wird vermutet, daß die Maden Teile des Kunststoffes assimilieren können. *A. Giller* (Wiesbaden)

*Haldenwanger, H.* (Hannover-Vinnhorst). **Dehnung und Schrumpfung von PVC-Folien.** (Kunststoffe **49**, 270–274, 1959.)

Folien aus thermoplastischem Material wie Polyvinylchlorid werden im Verlaufe ihrer Herstellung und Verarbeitung Bedingungen unterworfen, die Anlaß zu späteren Schrumpfungen geben können. Die plastisch-elastische Verformung und die Rückstellbewegungen von Weich-PVC-Folien werden besprochen und Verfahren zur Messung dieser Vorgänge angegeben. Weiterhin wird auf die während der Herstellung erzeugten Spannungen und die Möglichkeiten zur Entschrumpfung eingegangen. *A. Giller* (Wiesbaden)

### *b) Elastomere*

*Kluckow, P.* und *E. Seeberger* (Kautschuklabor der Chem. Fabrik Hoesch K. G., Düren/Rhld.). **Beitrag zum Frosting-Problem.** (Kautschuk und Gummi **12**, WT 68–WT 74, 1959.)

Frosting ist die Bezeichnung für eine an Rauhreif erinnernde Trübung der Oberflächen von Natur- und Synthesekautschukvulkanisaten, die durch ein Gewirr mikroskopisch feiner Risse verursacht wird. Die Trübung wird wahrscheinlich durch Ozon bewirkt, das von den Elektromotoren in den Mischräumen der Gummifabriken erzeugt und bereits während des Verarbeitungsprozesses vom Kautschuk aufgenommen wird. Frostingfördernde und -verzögernde Umstände, der Einfluß von Antioxydantien und Antiozonaten und die Bedeutung des Verteilungsgrades der Füllstoffe werden erörtert. Weiterhin wird ein Verfahren zum wertmäßigen Erfassen des Frostinggrades beschrieben. *A. Giller* (Wiesbaden)

*Ludwig, R.* (Burglengenfeld/Oberpf.). **Die Diffusion von Schwefel in Kautschuk unter besonderer Berücksichtigung der Vulkanisationsreaktion.** (Kautschuk und Gummi **12**, WT 59–WT 68, 1959.)

Einleitend wird eine sehr interessante Zusammenfassung der Literatur über die Chemie der Vulkanisation gegeben, an die sich eine kurze Beschreibung der angewandten speziellen Analysenmethoden zur Bestimmung des gesamten und des freien Schwefels anschließt.

Im Zuge der Untersuchung der Kinetik und der Thermochemie der Vulkanisationsreaktion wurden die Reaktionsgeschwindigkeit, die Größen $a$ und $Q$ der *Arrhenius*schen Gleichung, der Temperaturkoeffizient und die Reaktionsordnung für verschiedene Schwefelausgangsgehalte bestimmt.

Für die Diffusion des Schwefels werden bei verschiedener Zeit und Temperatur aufgenommene Konzentrationseindringkurven angegeben. Diese lassen ein unterschiedliches Diffusionsverhalten der einzelnen Schwefelmodifikationen und eine verschieden große Reaktionsgeschwindigkeit der Weich- und der Hartgummivulkanisation erkennen. Der Diffusionskoeffizient und die Aktivierungsenergie der Diffusion wurden ermittelt bzw. abgeschätzt. In einem Vulkanisat mit 15 Tln. S ließ sich nach längerer Vulkanisationsdauer keine Wanderung nachweisen. Abschließend wird der Diffusionsvorgang an Hand von mikroskopischen Bildern dargestellt. *A. Giller* (Wiesbaden)

*Luttrop, H.* (Schkopau). **Quellung und Entquellung von Weichgummi.** (Kautschuk und Gummi **12**, WT 147–WT 155, 1959.)

Nach einer einleitenden Besprechung der Quellungsvorgänge von Weichgummi wird das Quellungsvermögen von aus verschiedenen Kautschuktypen hergestellten Vulkanisaten in den unterschiedlichsten Quellmitteln gezeigt. Während der Quellung und der anschließenden Entquellung wurden die Werte für die Zerreißfestigkeit und die Bruchdehnung ermittelt. Es wird gezeigt, daß der Quellungsvorgang reversibel ist. Auf einige beobachtete Unterschiede zwischen den einzelnen Polymerisaten wird hingewiesen.

*A. Giller* (Wiesbaden)

*Müller, F. H.* (Lab. f. Hochpolymere der Univ. Marburg/L.). **Kalorimetrische Messungen bei Deformation von Kautschuk.** (Kautschuk und Gummi **12**, WT 55–WT 58, 1959.)

Die als gesichert anzusehende Theorie des Gummiverhaltens als Fall einer reinen Entropieelastizität läßt sich nur an speziell ausgewähltem Material quantitativ bestätigen. Normalerweise wird beim Zug-Dehnungsverhalten von Kautschuk der ideale Vorgang von reversiblen und irreversiblen Effekten überlagert. Um das nichtlineare Verhalten bei großen Deformationen, jedoch an kleinen Proben (Gummibändern) zu analysieren, wurde eine kalorimetrische Methode entwickelt, die die während der Verformungsvorgänge auftretenden Wärmetönungen (von 0,1 bis 0,001 cal) und die zugehörige Energie zeitlich zu registrieren gestattet. Derartige mechanische Messungen wurden an einer technischen Kautschukprobe bei großer Dehnung, an mehrfach gedehntem Polyisobutylen und an stufenweise deformierten Kautschukproben vorgenommen. *A. Giller* (Wiesbaden)

*Kusov, A. B.* (Leningrad, USSR). **Die Dehnungsarbeit beim Kautschuk.** (Kauchuk i Rezina **16**, 5–9, 1957. Vgl. Rubber Chem. Technol. **32**, 40 bis 47, 1959.)

Die Beziehung zwischen Deformationsarbeit und Dehnung wurde an Vulkanisaten von Naturkautschuk, Buna, Buna S, Perbunan, Chloropren und Butylkautschuk untersucht. Während die Spannung/Dehnung-Kurven sehr unterschiedlich sind und einen Wendepunkt aufweisen, sind die Arbeit/Dehnung-Kurven durch das Fehlen eines Wendepunktes und ihren einheitlichen Habitus charakterisiert. Unabhängig vom Kautschuktyp, der Zusammensetzung der Mischung – insbesondere auch dem Zusatz von Füllstoffen – und den Vulkanisationsbedingungen sind alle Arbeit/Dehnung-Kurven durch Verschieben entlang der Achsen zur Deckung zu bringen. Jede der Kurven kann durch einen Koeffizienten gekennzeichnet werden, der den Verschiebungsgrad angibt. Die Werte werden theoretisch erörtert. Schließlich wird eine Gesetzmäßigkeit aufgezeigt, nach der die Spannung, die dem Wendepunkt einer Spannung/Dehnung-Kurve entspricht, mit der zugehörigen Arbeit/Dehnung-Kurve in Beziehung steht.

*G. Kemme* (Hannover)

*Kuzminskiĭ, A. S.* u. *L. V. Borkova.* **Über die Vulkanisation von Hartgummi.** (Kauchuk i Rezina **16**, 14–22, 1957; vgl. Rubber Chem. Technol. **32**, 195–207, 1959.)

Die Beziehungen zwischen den Vulkanisationsparametern und den mechanischen Eigenschaften von Hartgummi aus Buna, Buna S und Naturkautschuk wurden untersucht. Mit Hilfe der IR-Absorptionsspektren wurde der Gehalt an ungesättigten Gruppierungen verfolgt und in Beziehung zur eingesetzten Schwefelmenge (30–50%) und den Vulkanisationsbedingungen gesetzt. Die günstigsten mechanischen Eigenschaften zeigt Hartgummi, der noch Doppelbindungen enthält. Der Vernetzungsgrad wird aus Spannungs- und Dehnungsbeziehungen ermittelt. Ferner wird unter Verwendung radioaktiven Schwefels gezeigt, daß die zunächst entstehenden polysulfidischen Vernetzungsstrukturen im weiteren Verlauf der Vulkanisation zu mono- und disulfidischen Brücken abgebaut werden, wobei ein Teil des Schwefels intramolekular gebunden wird. Dabei sollen sich in geringem Maße auch Doppelbindungen zurückbilden. Die Aktivierungsenergie der Vernetzung beträgt 23 kcal/Mol, während bei der Vulkanisation zu Weichgummi 30 kcal/Mol errechnet wurden. Mit dem Übergang vom viskoelastischen Weichgummi zum glasartigen Hartgummi sind beträchtliche Änderungen der mechanischen Eigenschaften verbunden. Insbesondere werden die Übergangstemperaturen sowie der Verlauf der Zugfestigkeit und der thermomechanischen Eigenschaften in ihrer Beziehung zu den Vulkanisationsbedingungen näher untersucht. *G. Kemme* (Hannover)

*Mooney, M.* (Waxne, N. J., USA). **Eine Diffusionstheorie der Viskoelastizität von kautschukartigen Polymeren bei begrenzter elastischer Beanspruchung.** (J. Polymer Sci. **34**, 599–626, 1959.)

In Erweiterung der Theorie der Viskoelastizität von *Rouse* wird der molekulare Mechanismus der Spannungsrelaxation als Diffusionsprozeß im Phasenraum der Molekülkonfiguration dargestellt. Grundbedingung der Theorie ist, daß ein Makromolekül als Kette aneinandergereihter Submoleküle behandelt wird, deren Enden bei einer plötzlichen Schubbeanspruchung des viskoelastischen Körpers entsprechenden Lageänderungen unterworfen sind. Es wird eine Diffusionsgleichung abgeleitet und eine Lösung gegeben, welche jedoch ohne Einschränkung nur für viskoelastische Kräfte gültig sind, die auf Entropieänderungen basieren. Demzufolge ist die Theorie nicht anwendbar auf plastische Stoffe und Kautschuk unterhalb der Einfriertemperatur. – Die Spannungsrelaxation ist charakterisiert durch ein Spektrum von Relaxationsgeschwindigkeiten, die durch die Vielzahl der Freiheitsgrade der Submoleküle, d. h. der Variablen, die eine Beschreibung der Konfiguration erfordert, bedingt sind. Am Beispiel der Betrachtung zweier Deformationen zeigt sich, daß die Partialspannungen dem Überlagerungsgesetz von *Boltzmann* gehorchen; für die Gesamtspannung trifft das jedoch nicht zu. Es werden Ausdrücke für die Tangential- und Normalspannung bei kontinuierlicher einfacher Scherung mit endlicher Geschwindigkeit abgeleitet. *G. Kemme* (Hannover)

*Scheele, W., G. Mau* u. *G. Kemme* (Kautschukinstitut a. d. T.H. Hannover). **Zur Kenntnis der Vulkanisation hochelastischer Polymerisate. 24. Der Einfluß von Füllstoffen auf den Verlauf von Vulkanisationsreaktionen** (I). (Kautschuk u. Gummi **12**, WT 33–WT 36, 1959.)

Der Einfluß von Aerosil auf die Thiuramvulkanisation des Naturkautschuks wurde untersucht. Die Kinetik der chemischen Teilvorgänge wird qualitativ nicht beeinflußt: Thiuramdisulfid-(TD)-Abnahme und Dithiocarbaminat-(DC)-Bildung bleiben Vorgänge von 1. Ordnung. Die Geschwindigkeitskonstanten der TD-Abnahme und der DC-Bildung sind jedoch stark erhöht. Dennoch sind die Aktivierungsenergien mit 21 kcal/Mol praktisch unverändert. Messungen der Gleichgewichtsquellung ergaben, daß eine zusätzliche Vernetzung nicht erfolgt, die Geschwindigkeitskonstanten der Vernetzung jedoch auch stark erhöht sind. Aerosil hat demnach lediglich einen katalytischen Einfluß auf die Thiuramvulkanisation.
*G. Kemme* (Hannover)

*Naake, H. J.* u. *K. Tamm* (Physikal. Inst. d. Univ. Göttingen). **Schallfortpflanzung in Platten und Stäben aus Elastomeren.** (Acustica **8**, 65–76, 1958. Vgl. Rubber Chem. Technol. **32**, 21–39, 1959.)

Die Ausbreitung elastischer Wellen in Neopren- und Naturkautschukvulkanisaten wird untersucht. Nach Beschreibung der theoretischen Grundlagen und der Rechenoperationen wird die verwendete Meßapparatur beschrieben. Die mit Frequenzen von 0,1–300 kHz durchgeführten Messungen lassen vier Frequenzbereiche erkennen, in denen Phasengeschwindigkeit und Schwund jeweils einen anderen Verlauf zeigen. Die Ergebnisse werden theoretisch erklärt und zu mechanischen Materialkonstanten in Beziehung gesetzt.
*G. Kemme* (Hannover)

## 8. Textilien und Faserstoffe

### *a) Natürliche Faserstoffe*

*Crewther, W. G.* u. *L. M. Dowling* (Parkville, Melbourne, Viktoria, Australien). **Kinetische Studie der Superkontraktion von Wollfasern in Lösungen von Salzen, Säuren und Alkalien.** (Text. Res. J. **29**, 541–549, 1959.)

Wollfasern kontrahieren oder längen sich in warmen sauren oder alkalischen Lösungen je nach deren Konzentration und $p_H$-Wert. Die Geschwindigkeit der Kontraktion nimmt in 1–4 normaler Salzsäure in Abhängigkeit von der Art des Kations bzw. Anions in folgender Reihenfolge ab:

$$Li^+ > Na^+ > K^+ \text{ und } J^- > Br^- > Cl^-.$$

In 4–6 molarer Lithiumjodidlösung (in 1 normaler Salzsäure) beobachtet man in zeitlicher Aufeinanderfolge zunächst Kontraktion, dann Längung und schließlich wieder Kontraktion, ähnlich wie dies schon von *A. R. Haly* und *M. Feughelman* (Text. Res. J. **27**, 919, 1959) und *A. R. Haly* und *J. Griffith* (Text. Res. J. **28**, 32, 1959) beobachtet worden war. Die von den zitierten Autoren für die zweifache Kontraktion benutzten Erklärungen werden kritisiert und eine Auswahl anderer Deutungen vorgeschlagen.
*A. Sippel* (Freiburg i. Br.)

*Feughelman, M., A. R. Haly* u. *T. W. Mitchell* (Ryde, N. S. W., Australien). **Einige mechanische Eigenschaften von Wolleinzelfasern in $D_2O$.** (Text. Res. J. **29**, 564–567, 1959.)

Sowohl bei der Aufnahme der Kraft-Dehnungs-Kurve wie bei der Prüfung der Geschwindigkeit des Eindringens in die trockene Faser bestehen nur geringe Unterschiede zwischen $H_2O$ und $D_2O$, und zwar derart, daß $D_2O$ sich etwa ebenso benimmt wie $H_2O$ bei einer um etwa 5–6° niedrigeren Temperatur. *A. Sippel* (Freiburg i. Br.

*Holmes, A. W.* (Islewoth, Middlesex, Großbritannien). **Allmählicher Abbau von Haar und Wolle durch Papain** (J. Text. Inst. Trans. **50**, T 422–T 423, 1959.)

Durch Papain werden Menschenhaar und Wolle innerhalb einiger Stunden zu einzelnen Zellen abgebaut. Vorherige Extraktion mit heißem Äthylalkohol begünstigt diesen Abbau, nicht gefördert wird er durch Extraktion mit kaltem Äthylalkohol oder Äther oder Benzol.
*A. Sippel* (Freiburg i. Br.)

*Rae, A.* (Galashiels, Großbritannien). **Eine Studie über die Dehnung von Wollgarn beim Aufwickeln und die anschließende Relaxation.** (J. Text. Inst. Proc. **50**, P 224–P 237, 1959.)

Überblick über das Relaxationsverhalten gespannt bzw. entspannt aufbewahrten Wollgarns in Abhängigkeit von Feuchtigkeit, $p_H$, Abspulgeschwindigkeit und Streckung.
*A. Sippel* (Freiburg i. Br.)

*Tomimatsu, Y., J. J. Bartulovich* u. *W. H. Ward* (Albany, Cal., USA). **Mittels Acrylnitril stabilisierte Wollkeratinderivate.** (Text. Res. J. **29**, 593–594, 1959.)

Acrylnitril eignet sich gut, um mittels Äthylmercaptan wasserlöslich gemachtes Keratin zu stabilisieren. Es wird eine ausführliche Verfahrensvorschrift gegeben, ebenso zahlreiche Angaben über Molgewicht und Lichtstreuung.
*A. Sippel* (Freiburg i. Br.)

*Roff, W. J.* (Didsbury, Manchester, Großbritannien). **Eine Untersuchung über die Aufnahme von Formaldehyd aus wäßrigen Lösungen durch Zellulose.** (J. Text. Inst. Trans. **50**, T 353–T 372, 1959.)

Aus wäßriger Lösung nimmt Zellulose, vermutlich unter Bildung von Halbacetalen, Formaldehyd reversibel auf, wobei die Gleichgewichtseinstellung etwa einen Tag dauert. Die Aktivierungsenergie beträgt sowohl bei Baumwolle wie Viskosekunstseide 13 kcal/Mol. Naßfestigkeit und Doppelbrechung werden durch die Formaldehydaufnahme verringert. *A. Sippel* (Freiburg i. Br.)

*Warwicker, J. O.* (Didsbury, Manchester, Großbritannien). **Eine Röntgen-Untersuchung über den Einfluß des Abseifens auf Zellulose, die mit Anthrachinonküpenfarbstoffen gefärbt worden ist.** (J. Text. Inst. Trans. **50**, T 404–T 417, 1959.)

In mit verschiedenen Anthrachinonküpenfarbstoffen stark angefärbter Zellulose läßt das Röntgendiagramm Farbstoffkristalle erkennen, deren Bildung durch eine nachträgliche Behandlung mit Seife anscheinend noch verstärkt wird.

*A. Sippel* (Freiburg i. Br.)

*Hirschhorn, E.* und *M. B. Mathews* (R. R. Street & Co. Inc. Chicago, Ill., USA). **Gleichgewicht und Kinetik des Wasseraustausches zwischen Viskose und Detergens-Mizellen im Kohlenwasserstoffmedium.** (J. Colloid Sci. **14**, 430–440, 1959.)

Im ersten Teile der Arbeit wurde das Gleichgewicht im Wasseraustausch untersucht, das eintritt, wenn Viskosegewebe in ein unpolares Medium, das solubilisiertes Wasser enthält, eingetaucht wird. Als Lösungsmittel wurden *Shell* Sol 140 (Siedetemp. 185°–208°) verwendet und Wasser, das in Na-Di-(2-äthylhexyl)-sulfosuccinat (Aërosol OT) oder *n*-Dodecan solubilisiert war. Die Wasseraufnahme der Viskose wurde proportional dem Mizellarwassergehalt gefunden. Bei 25° ist die Wasseraufnahme aus der Lösung gleich der aus der Luft. Diese einfache Beziehung jedoch versagt bei anderen Temperaturen und bei relativer Feuchtigkeit über 80%. Die Dampfdruck-Temperatur-Abhängigkeit des mizellaren Wassers und des Wassers im Viskosegewebe ist vergleichbar mit der gleichen Abhängigkeit in konzentrierten Elektrolytlösungen. Eine modifizierte *Raoult*sche Gleichung für die Aktivität des solubilisierten Wassers wird angegeben. Im zweiten Teile der Arbeit wurde die Kinetik des Wasseraustausches bei Anwendung von $D_2O$ verfolgt. Es wurde festgestellt, daß jede Minute ungefähr 0,005 g Wasser je Quadratmeter der Viskoseoberfläche ausgetauscht wird. Die Gleichungen für die Austauschgeschwindigkeit wurden abgeleitet und die Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten bestimmt.

*E. Matijević* (Potsdam, N. Y., USA)

### *b) Synthetische Faserstoffe*

*Charch, W. H.* u. *W. W. Moseley*, jr. (Wilmington Del., USA). **Zusammenhänge zwischen Struktur und Eigenschaften bei synthetischen Fasern. 1. Strukturerforschung mittels Ultraschall.** (Text. Res. J. **29**, 525–535, 1959.)

Der mittels Ultraschall bestimmte Elastizitätsmodul ist in allen Fällen erheblich größer als der aus dem Reißdiagramm ermittelte, selbst wenn mit größtmöglicher Reißgeschwindigkeit gearbeitet wird; nur bei Polyäthylenfaden nähert sich der mit der größten Dehnungsgeschwindigkeit bestimmte Elastizitätsmodul dem akustisch ermittelten. Es besteht bei verschiedenen Rohstoffen Korrelation zwischen Schallgeschwindigkeit bzw. dem zugehörigen Modul, der Einfriertemperatur und dem Prozentsatz rotationsfähiger chemischer Bindungen. Die Meßmethode eignet sich auch zur Überprüfung der Fadengleichmäßigkeit.

*A. Sippel* (Freiburg i. Br.)

*Munden, D. L.* u. *D. Slater* (Thorneywood, Nottingham, Großbritannien). **Die Schrumpfung von Fäden aus Nylon 66 im Dampf.** (J. Text. Inst. Trans. **50**, T 393–T 403, 1959.)

Beschrieben wird der Einfluß von Temperatur (Dampf bzw. heißer Luft) und Behandlungsdauer auf unmittelbare und nachträgliche Schrumpfung, auf Reißfestigkeit und Bruchdehnung (mit und ohne Konstanthaltung der Länge während der Hitzeeinwirkung bzw. Thermofixierung).

*A. Sippel* (Freiburg i. Br.)

### *c) Textilveredlung*

*Chance, L. M., F. S. Perkerson* u. *O. J. McMillain*, jr. (New Orleans, La., USA). **Phenol-Formaldehyd-Harze als Ausrüstungsmittel für Baumwollgewebe.** (Text. Res. J. **29**, 558–564, 1959.)

Durch Behandlung mit Phenol-Formaldehyd wurde die Beständigkeit von Baumwollgeweben gegen Mikroorganismen ebensogut verbessert wie durch Behandlung mittels halogenierter Phenol-Formaldehyd-Harze. Dagegen verbessert ein Ersatz von Phenol durch *m*-Chlorphenol und *m*-Bromphenol die Knitterbeständigkeit.

*A. Sippel* (Freiburg i. Br.)

*White, W. A. S., H. J. Ross* u. *N. F. Crowder* (Liverpool, Großbritannien). **Die Benutzung von Trichloräthylen bei der kontinuierlichen Reinigung und Bleichung von Textilien.** (J. Text. Inst. Proc. **50**, P 274–P 293, 1959.)

Es werden eine Versuchs- und eine Betriebsanlage beschrieben, die für Textilien aus Baumwolle, Wolle, Leinen, Jute, Viskosekunstseide und Glasfasern in Frage kommen. Besprochen werden auch die Methoden zur Wachsentfernung sowie zur Bleichung bei Baumwolle (Behandlung mit Peroxyd, Chlorit, Hypochlorit, Chlorwasser), ferner die enzymatische sowie die Peroxyd-Entschlichtung von Baumwolltextilien. Hingewiesen wird auf die Notwendigkeit, die Stabilisatoren für Trichloräthylen, die infolge Flüchtigkeit und Wasserlöslichkeit verloren gehen, zu erneuern.

*A. Sippel* (Freiburg i. Br.)

## 14. Keramik, Ton, Zement, Glas, anorganische Farbstoffe

*Kantro, D. L., S. Brunauer* und *C. H. Weise* (Portland Cement Assoc., Res. and Develop. Lab., Skokie, Ill., USA). **Die Hydratation von Tricalciumsilikat in der Kugelmühle bei Raumtemperatur.** (J. Colloid Sci. **14**, 363–376, 1959.)

Wenn Tricalciumsilikat, $Ca_3SiO_5$, in einer Kugelmühle mit Wasser verrieben wird, entstehen zwei Reaktionsprodukte: das Calciumhydroxyd und ein hydratisiertes Calciumsilikat (Hydrat III). Das letztere hat sehr ähnliche Eigenschaften wie der Torbemorit, ist aber viel weniger stabil und geht langsam in ein anderes Calciumsilikathydrat, den

Afwillit ($Ca_3Si_2O_7 \cdot 3\,H_2O$), über. Die spezifische Oberfläche, der Wassergehalt, die Lösungswärme, die Hydratationswärme und die Enthalpie des Hydrates III wurden experimentell bestimmt. Weiterhin wurde der Übergang des Hydrates III in den Afwillit kinetisch verfolgt und daraus ein möglicher Reaktionsmechanismus entwickelt.

*E. Matijević* (Potsdam, N. Y., USA)

*Náray-Sabó, I.* (Chem. Zentralforschungsinst. der Ungarischen Akad. der Wiss., Budapest, Ungarn). **Sauerstoffvolumen, Wärmeausdehnung und Struktur des Glases.** (Glastechn. Ber. **32**, 185 bis 189, 1959.)

In vorangehenden Arbeiten entwickelte Verf. (Acta Phys. Hung. **8**, 1957, 37; **9**, 151, 1958) eine Formel für das Volumen eines Sauerstoffions im Glas:

$$v = aR + b\,,$$

wobei R = O/Si + B + Al + P + ..., a und b positive oder negative Individualkonstanten des netzbildenden Systems sind. Für ternäre und polynäre Gläser mit netzwerkverändernden Kationen kommen denn noch weitere Konstanten der betreffenden Oxyde dazu, die dem Original zu entnehmen sind. – Der Einfluß der Oxyde auf die Wärmeausdehnung macht sich vor allem bei den Alkalien bemerkbar. Für den linearen Ausdehnungskoeffizient gibt Verf. die Formel $\alpha_{lin} \cdot 10^{-8} = 35\,(Na_2O) + 30\,(K_2O) + 8\,(MgO) + 10\,(CaO) + 10\,(BaO) + 6\,(PbO) + 10\,(Fe_2O_3) + 6\,(ZrO_2) + A$, wobei A eine additive Konstante ist und das Oxydsymbol den Prozentgehalt des Oxydes im Glas bedeutet. In einer anschließenden Betrachtung über den Glaszustand gibt Verf. die folgende Definition: „Glas ist ein durch Erstarren einer Schmelze entstandener, der Entglasung widerstehender Stoff, welcher sich auf ein durch gemeinsame Sauerstoffionen zusammenhängendes, nichtperiodisches Netz von $BO_n$-Anionen gründet und außer den netzbildenden B-Kationen auch andere modifizierende A-Kationen enthalten kann".

*E. Gruner* (Mettlach/Saar)

*Neuroth, W.* (Mainz). **Zusammenstellung einiger Meßergebnisse der Wärmeleitfähigkeit von Glasschmelzen.** (Glastechn. Ber. **32**, 197–198, 1959.)

Aus einem Vergleich der Wärmeleitfähigkeiten ein und derselben Glassorte bei verschiedenen Autoren im Temperaturbereich von 100°–1200° ergibt sich, daß die Meßwerte bei höheren Temperaturen sehr verschieden sind, und zwar je nach Größe der untersuchten Glasschicht. Die Wärmeleitfähigkeit von Glas bei hohen Temperaturen, bei denen der Wärmetransport hauptsächlich durch Strahlung erfolgt, ist keine reine Stoffkonstante mehr, sondern auch von den geometrischen Begrenzungen, vor allem der Dicke der Glasschicht, abhängig.

*E. Gruner* (Mettlach/Saar)

*Schrader, A.* (Maschinenfabrik Biebrich GmbH., Wiesbaden-Schierstein). **Ermittlung optimaler Trocknungsbedingungen beim Trocknen keramischer Massen.** (Ber. Deutsche Keram. Ges. **36**, 64 bis 71, 1959.)

Verf. bespricht einleitend die drei, sich durch Knickpunkte der Trocknungskurve abhebenden Trocknungsabschnitte: (1) Wasserentzug durch Feuchtigkeitsbewegung als Folge verschiedener innerer und äußerer Kräfte, z. B. Verdunstung; (2) durch Wärmebewegung als Folge eines Temperaturgefälles; (3) Gleichgewichtszustand zwischen Gutsfeuchtigkeit und Luftfeuchtigkeit. Es werden sodann Versuche beschrieben, die den Einfluß von Durch- und Überbelüftung, Temperatur, Luftgeschwindigkeit, Gußform, Packungsdichte, Schütthöhe, Anfangs- und Restfeuchtigkeit auf die Trocknungsgeschwindigkeit zeigen.

*E. Gruner* (Mettlach/Saar)

*Smyth, H. T.* (School of Ceramics, Rutger, The State Univ. New Brunswick, N. Y., USA). **Elastische Eigenschaften von Gläsern.** (J. Amer. Ceram. Soc. **42**, 276–279, 1959.)

Eine theoretische Betrachtung des möglichen Arbeitsmechanismus der elastischen Deformation eines Silikatsystems zeigt, daß diese in der Strekkung oder Kompression der Si—O—Si-Bindungen liegt. Das *Poisson*sche Verhältnis $\alpha = \lambda/2\,(\lambda + \mu)$ liegt dabei nane bei 0,25. Der bei den meisten Gläsern etwas niedrigere Wert kommt dadurch zustande, daß eine gewisse Arbeit aufgewendet werden muß, um die $SiO_4$-Tetraeder zu deformieren, ein höherer Wert als 0,25 entsteht, wenn großvolumige Ionen (K, Ba) der Gerüstzwischenräume deformiert werden müssen.

*E. Gruner* (Mettlach/Saar)

---

## Berichtigung

zur Arbeit

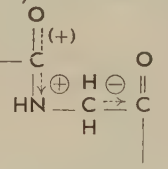
**Über den Mechanismus der biochemischen und chemischen Peptid-Synthese**

*Von W. Lautsch (Berlin)*

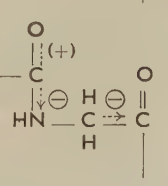
Kolloid-Z. **166**, 55 (1959)

In Formel I (S. 55) ist hinter $R_5$ *zu ergänzen*: (−).

In Formel III (S. 55) muß der rechte äußere Teil der Formel statt:



*richtig lauten*:



In Formel VII (S. 56) muß die rechte Benzylgruppe statt:

*richtig lauten*:

# Autoren-Register

## zur Kolloid-Zeitschrift, Bd. 165, 166 und 167 (1959)

**O.** = Originalarbeit, **Dk.** = Diskussionsbemerkung, **W.K.** = Wissenschaftlicher Kurzbericht, **W.T.S.** = Wissenschaftlich-technischer Sammelbericht, **P.B.** = Patentbericht, **T.** = Tagungsbericht, **B.** = Buchbesprechung, **R.** = Referat, **Berichtig.** = Berichtigung, **Nachr.** = Nachruf

Die erste, fette Zahl zeigt den Band (**165, 166** oder **167**) an, die zweite die Seitenzahl


*Aach, H. G.*, Tabakmosaikvirus, serologische Strukturuntersuchungen. **R. 166**, 72

*Abadie-Maumert, F.-A.*, Nitrozellulose, Einfluß von Cyclohexanzusatz auf die Fällung acetonischer Lösungen von — in Wasser. **R. 167**, 84

*Accascina, F.*, s. *R. M. Fuoss*

*Achhammer, B. G.* u. a., s. *R. R. Stromberg*

*Ackermann, R.* u. a., s. *R. Havemann*

*Adams, G.* u. a., s. *L. E. Nielsen*

*Adams, M. L.* u. a., s. *M. H. Swann*

*Adhikari, M.*, Tone, Sedimentvolumen bei Gegenwart von Cetyl-Trimethylammoniumbromid. **R. 166**, 190

*Aebi, C. M.* u. *J. R. Wiebusch*, Aerosol OT, NaCl-Löslichkeit in Lösungen von. **R. 166**, 77

*Aines, P. D.*, s. *G. Schramm*

*Akabori, S.*, s. *H. Hanafusa*

*Akamatu, H.*, s. *H. Kuroda*

*Albert, A.*, s. *J. Llopis*

*Alberty, R. A.*, s. *G. G. Hammes*

*Alberty, R. A.* u. a., s. *N. Shavit*

*Alburn, H. E.*, s. *W. Dvonch*

*Alexander, A. E.*, s. *T. Fort*, jr.

*Allan, A. J. G.*, Polyäthylen, Grenzflächeneigenschaften. **R. 166**, 74

*Altenpohl, D.*, Subkörner in Aluminium. **R. 165**, 203

*Anastasi, A.* u. a., s. *I. M. Kolthoff*

*Andelman, J. B., G. K. Hoeschele* u. *H. P. Gregor*, Polyvinylmethylgloxim, Darstellung. **R. 166**, 68

*Anderer, F. A.*, Tabakmosaikvirus, Konfiguration der Peptiduntereinheit im Protein des. **R. 166**, 179

*Anderer, F. A.*, Tabakmosaikvirus, Molekulargewicht der Peptideinheit im Protein des. **R. 167**, 80

*Anders, F.*, s. *E. Bayer*

*Anderson, E. W.* u. a., s. *D. W. McCall*

*Anderson, M. L.*, s. *N. G. Anderson*

*Anderson, N. G., R. E. Canning* u. a., Zellkomponenten, Studien an isolierten. **R. 166**, 73

*Anderson, P. J.* u. *P. Murray*, Zeta-Potentiale, Beziehung zur Rheologie von Oxydschlickern. **R. 165**, 202

*Andes, G. M.*, s. *J. E. McNutt*

*Andrä, W., H. Gengnagel* u. *G. Elbinger*, Mikroskopische Orientierungsbestimmung mittels Lichtfiguren. **R. 166**, 90

*André, M. L.* u. *M. J. O'Neal*, jr., Schmieröle, massenspektrographische Analyse. **R. 166**, 192

*Andrews, F. R.* u. a., s. *M. L. Nelson*

*Andrews, M. W.*, s. *J. A. Medley*

*Andrews, R. D.*, Rheologie, Transactions of the Society of Rheology, Vol. II. **B. 166**, 165

*Andrussow, L.*, Viskosität makromolekularer und kolloider Lösungen, Konzentrations- und Temperaturabhängigkeit der. **O. 166**, 135

*Anfinsen, C. B., S. E. G. Åquist* u. a., Ribonukleasen aus Pankreas von Rind und Schaf, Strukturvergleich. **R. 167**, 88

*Anfinsen, C. B.*, s. *E. G. Åqvist*

*Ang, F.* u. a., s. *C. G. Overberger*

*Angelescu, E.* u. *Y. Davidescu*, Kolloidsysteme, Verschiebung des Konzentrationsgleichgewichtes an der Oberfläche von. **R. 166**, 76

*Angelescu, E.* u. *Y. Davidescu*, Oberflächenspannungsmessungen, maßanalytische Bestimmung der Kresolisomeren mittels. **R. 166**, 75

*Anonym*, Anorganische Chemie, Richtsätze für die Nomenklatur der. **B. 166**, 64

*Anonym*, Botanica Marina. **B. 167**, 150

*Anonym*, Durum und Teigwaren, aktuelle Probleme über. **B. 167**, 150

*Anonym*, Literatur, Führer durch die technische. **B. 165**, 177

*Antonini, E.*, s. *A. Rossi-Fanelli*

*Antweiler, H.*, Antikörper, Verstärkung der —-reaktion durch Antigenadsorption an Quarz. **R. 167**, 70

*Ant-Wuorinen, O.* u. *A. Visapää*, Zellulose-Fasern, *Donnan*-Gleichgewicht und Haftung von Säure an. **R. 166**, 81

*Aoki, H.* u. a., s. *I. Sakurada*

*Aoki, K.* u. *J. Hori*, Ovalbumin, Wechselwirkung mit Detergentien. **R. 167**, 80

*Applewhite, T. H.* u. *C. Niemann*, α-Chymotrypsin, Wechselwirkung mit α-N-acetylierten α-Aminosäurenmethylamiden. **R. 167**, 77

*Åqvist, E. G.* u. *C. B. Anfinsen*, Ribonukleasen, Isolierung u. Charakterisierung. **R. 167**, 88

*Åqvist, E. G.* u. a., s. *C. B. Anfinsen*

*Arakawa, K.* u. *K. Atsumi*, Agar-Agar-Hydrogele, mechanisches Verhalten von. **R. 166**, 77

*Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e. V.*, Detmold, Getreideeiweiß, Getreidestärke und Getreideenzyme. **B. 165**, 177

*Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e. V. Detmold*, Getreidequalität, Trocknung und Lagerung. **B. 165**, 177

*v. Ardenne, M.* u. *H. Westmeyer*, Mikrotom, Ultra- — einfacher Bauart. **R. 166**, 184

*Arendt, I.* u. *H.-J. Schenck*, Polyester, Analyse von — mittels Papierchromatographie. **R. 167**, 154

*Armfield, W.*, Zellulosetriacetat, Analyse von Fasermischungen mit. **R. 165**, 196

*Armstrong, W. D.*, s. *L. Singer*

*Arnaki, M.* u. a., s. *H. Sobotka*

*Arnold, H.*, Diskussion. **T. 165**, 55; **Berichtig. 166**, 96

*Arnold, H.*, Terylen, Kristallisation von. **O. 165**, 35; **Berichtig. 166**, 96

*Arthur*, jr., *J. C.*, s. *R. J. Demint*

*Asbrand, M.*, s. *K. Korthum*

*Ashpole, D. K.*, s. *D. N. E. Cooper*

*Aston, J. G.* u. *J. J. Fritz*, Thermodynamik und statistische Thermodynamik. **B. 166**, 165

*Atherton, N. M., H. Melville* u. a., Polymerisate, Elektronenspinresonanz an eingeschlossenen Radikalen in. **R. 167**, 90

*Atsumi, K.*, s. *K. Arakawa*

*Austin, C. R.* u. *M. W. H. Bishop*, Fluoreszenz v. Ratteneiern. **R. 167**, 70

*Axelord, E. A.* u. a., s. *C. J. Martin*

*Babcock, M., D. E. Terry* u. *A. J. Milun*, Hochmolekulare quaternäre Ammoniumchloride. **R. 166**, 187
*Bailey, J. L.* u. *R. D. Cole*, Proteine, Reaktion zwischen Sulfid und. **R. 166**, 179
*Bailey, L. G.*, s. *E. Hutchinson*
*Balog, J. E.* u. a., s. *R. T. Jones*
*Bamford, C. H., A. D. Jenkins* u. a., Polymerisation von Vinylverbindungen, Radikale bei der heterogenen. **R. 166**, 169
*Bamford, C. H., A. D. Jenkins* u. *E. F. T. White*, Polymerisation von Acrylnitril, Kinetik der. **R. 166**, 169
*Bangham, A. D.* u. a., Mikroelektrophorese, Apparatur für. **R. 166**, 184
*Baranowsky, P.* u. a., s. *J. F. Foster*
*Barbulesku, N.*, Oberflächenspannung von Flüssigkeiten am kritischen Punkt. **R. 165**, 178
*Bartl, P.* u. *B. Sedláček*, Serumalbumin vom Menschen, Verfolgung der Wärmedenaturierung durch elektronenmikroskopische Aufnahme. **R. 167**, 84
*Bartlett, J. H., I. Kirschenbaum* u. *C. W. Muessig*, Waschmittel aus Oxo-Ätheralkoholen. **R. 166**, 192
*Bartlett, P. D.*, s. *R. R. Hiatt*
*Bartok, W.* u. *S. G. Mason*, Flüssigkeitskugeln, Bewegung von. **R. 166**, 65
*Bartulovich, J. J.* u. a., s. *Y. Tomimatsu*
*Basolo, F.* u. a., s. *A. Jensen*
*Basu, S.*, s. *A. K. Chaudhuri*
*Bateman, J. B., E. J. Weneck* u. *D. C. Eshler*, Teilchengröße, Bestimmung von — und Konzentration aus spektrophotometrischer Durchlässigkeit. **R. 167**, 154
*Battin, W. T.*, Osmotische Eigenschaften v. Zellkernen. **R. 167**, 70
*Bauer, G.* u. *W. Stöber*, Adsorption von Äthylaminen an Siliciumdioxyd. **O. 167**, 27
*Bayer, E.* u. *F. Anders*, Gaschromatographie, biologische Detektoren bei der. **R. 167**, 94
*Bayzer, H.* u. a., s. *W. Skoda*
*Beck, H.*, Polystyrol, Gegenwart und Zukunft von. **R. 167**, 155
*Becker, G. W.*, Diskussion. **T. 165**, 53, 54, 75, 76
*Becker, G. W.*, Polymere, Spannungsrelaxation und Deformationsretardation von Hoch-. **O. 166**, 4
*Becker, G. W.*, Polytetrafluoräthylen, elastisches Verhalten von. **O. 167**, 44
*Becker, O.*, Fasern, Prüfung von Festigkeit und Dehnung von. **R. 166**, 186
*Becker, R. R.*, s. *A. Stracher*
*Beers*, jr., *R. F.*, s. *R. F. Steiner*
*Beiser, S. M.* u. a., s. *B. F. Erlanger*
*Bell, W. E.*, Grenzflächenaktive Substanzen, mizellares Verhalten und Adsorptionseigenschaften zweier. **R. 166**, 178
*Beller, F. K.* u. *P. Glas*, Blut, Ungerinnbarkeit des — als Folge der Plasminogenaktivierung. **R. 167**, 152
*Belt, W. D.* u. a., s. *D. Brandes*
*Bendich*, s. *H. S. Rosenkranz*
*Bennett, D. G.*, s. *J. H. Lauchner*
*Bennett, N.* u. a., s. *M. B. Rhodes*
*Benoit, H.* u. a., s. *P. Ribeyrolles*
*Berard, W. N., G. A. Gautreaux* u. *W. A. Reeves*, Baumwolle, Ausrüstung durch Methylolmelamine. **R. 165**, 200
*Berardinelli, F.* u. a., s. *F. Brown*
*Berch, J.* u. a., s. *A. M. Schwartz*
*Berends, W.* u. a., s. *R. Beukers*
*Beresniewicz, A.*, Polyvinylacetat und Polyvinylalkohol, Extraktionsfraktionierung. **R. 166**, 171
*Berg, P. W.*, Umlaufhomogenisierung. **R. 165**, 206
*Bergander, E.*, Hefe, Biochemie und Technologie der. **B. 167**, 150
*Berge, J. W., P. R. Saunders* u. *J. D. Ferry*, Poly-n-octylmethacrylat, mechanische Eigenschaften von. **R. 166**, 88
*Berge, J. W.* u. a., s. *S. F. Kurath*
*Bergner, P.-E. E.*, Spurenelemente, dynamische Aspekte einer Methode der Kinetik der. **R. 167**, 70
*Berlin, A. A.*, Pfropfmischpolymere, Entwicklungsrichtungen bei Synthese und Anwendung von **R. 167**, 91
*Bernofsky, C., J. B. Fos*, jr. u. *B. S. Schweigert*, Myoglobin, Biochemie. 6. Einfluß von $\gamma$-Strahlen. **R. 166**, 77
*Berry, M.* u. a., s. *R. R. Casey*
*Bersin, Th.*, Hormone, Biochemie der. **B. 166**, 59
*Bertolina, G.* u. *A. Broggi*, Polyesterfasern, Weiß- und Buntätzen von. **R. 165**, 201
*Bestul, A. B.* u. a., s. *L. Shartsis*
*Bethge, H.*, Elektronenmikroskop mit universeller Anwendbarkeit. **R. 166**, 184
*Bethge, H.* u. *K. H. Brauer*, Elektronenmikroskop, Elektronenbeugungsuntersuchungen mit dem. **R. 166**, 184
*Beukers, R., J. Ijlstra* u. *W. Berends*, Nukleinsäuren, UV-Einfluß auf Komponenten der. **R. 165**, 187
*Bevington, J. C., J. Toole* u. *L. Trossarelli*, Polymerisation von Styrol, Traceruntersuchung der. **R. 165**, 186
*Beychok, S.* u. *R. C. Warner*, Lysozym, Denaturierung und elektrophoretisches Verhalten von. **R. 167**, 80
*Beyer, H.*, s. *F. Wolf*
*Bezer, A. E.* u. a., s. *C. Howe*
*Bhargava, H. N.*, s. *A. C. Chatterji*
*Bhatnagar, H. L.*, s. *A. F. Stevenson*
*Bhatnagar, P. D.* u. *A. K. Bhattacharya*, Sole von Eisen(III)-Hydroxyd, Bewegung der Grenzschicht von — gegenüber KCl-Lösungen im elektrischen Feld. **R. 166**, 176
*Bhattacharya, A. K.*, s. *P. D. Bhatnagar*
*Biebl, R.*, Zellen, zellphysiologische Betrachtungen an Blasen-— einiger Rotalgen. **R. 167**, 152
*Bier, M.*, Elektrophorese, Theorie, Methoden und Anwendungen. **B. 165**, 177
*Bier, M.*, s. *J. F. Riordan*
*Bikerman, J. J.*, Grenzflächenchemie, Theorie und Praxis. **B. 166**, 59
*Biserte, G.*, s. *R. Havez*
*Bishop, M. W. H.*, s. *C. R. Austin*
*Bixler, R. L.* u. *C. Niemann*, $\alpha$-Chymotrypsin, Oberflächeneffekte bei der Katalyse mit. **R. 165**, 195
*Blanchard, A. F.* u. *P. M. Wootton*, Polymere, sterische Effekte bei vernetzten. **R. 167**, 91
*Blei, I.*, Proteine, Solubilisationseigenschaften der Komplexe aus — und Detergentien. **R. 167**, 86
*Bloom, G.* u. *E. Zeitler*, Casein, Analyse einer Population von —-teilchen. **R. 167**, 70
*Blout, E. R.* u. *M. E. DesRoches*, Polypeptide, Herstellung hochmolekularer. **R. 166**, 68
*Boag, J. W.* u. *A. Müller*, Desoxyribonukleinsäure, Elektronenspinresonanz in bestrahlter. **R. 167**, 84
*Boag, J. W.* u. *A. Müller*, Glycin, Veränderung des Elektronenspinresonanzspektrums bei Einwirkung ionisierender Strahlen. **R. 167**, 69
*Bobek, E.*, Acrylfasern, Herstellung und Eigenschaften der. **R. 165**, 198
*Boguth, W.* u. *H. Schnappauf*, Glykoprotein, papierelektrophoretische Bestimmung von. **R. 166**, 95
*Boháčkova, V.* u. a., s. *Z. Knor*
*Bolleter, W. T.*, Polyäthylen, Bestimmung von Aluminium und Titan in. **R. 165**, 197
*Bon, W. F.*, $\alpha$-Crystallin, Untersuchungen an. **R. 167**, 81
*Bon, W. F.*, Ultrazentrifugierung, gleichzeitige Durch-

führung von 2 Experimenten während eines Laufs. **R. 166**, 93
*Bon, W. F.* u. *J. de Vries*, Elektrophorese, kombinierte Apparatur für Papier- und — auf Agar-Agar. **R. 166**, 186
*Bonavita, V.*, s. *V. Scardi*
*Bonino, J. J.*, s. *D. W. Rinehart*
*Booij, H. L.*, Metachromasie, kolloidchemische Aspekte der. **R. 166**, 73
*Bopp-Hassenkamp, G.*, Zellkern und Nukleolen, submikroskopische Fibrillenstruktur von. **R. 166**, 72
*Borah, K.* u. a., s. *H. Schönenberger*
*Borek, F.* u. a., s. *B. F. Erlanger*
*Borkova, L. V.*, s. *A. S. Kuzminskiĭ*
*Börsch-Supan, W.*, Verteilungsverfahren, Formeln für multiplikative. **R. 165**, 181
*Boström, S.*, Kautschuk-Handbuch, 1. Bd. **B. 167**, 150
*Boström, S.*, Kautschuk-Handbuch. 3. Bd. **B. 165**, 175
*Bourdais, J.*, Polyelektrolyte, Ioneneigenschaften. **R. 165**, 181
*Bourne, G. H.* u. a., s. *D. Brandes*
*Bourrillon, R.* u. *J. Michon*, Proteine mit Zuckerkomponenten, Analyse. **R. 166**, 94
*Bourrillon, R.*, s. *J. Michon*
*Boussier, G.* u. a., s. *J. Moretti*
*Bovey, F. A.*, Hochpolymere, Wirkungen ionisierender Strahlung auf natürliche und synthetische. **B. 166**, 161
*Bowness, J. N.*, Rhodopsin, Reinigung von. **R. 166**, 81
*Boyd, R.*, Nylon 66 (Polyhexamethylen-Adipinamid), dielektrischer Verlust in. **R. 166**, 187
*Boyer, S., J. Cappelaere* u. *J. Pouradier*, Adsorption von Kalium und Cadmium auf Silberbromid. **R. 167**, 75
*Braddick, H. J. J.*, Physik des experimentellen Arbeitens. **B. 166**, 64
*Brandes, D., W. D. Belt* u. *G. H. Bourne*, Koagulierende Drüse, Feinstruktur des Epitheliums der. **R. 166**, 73
*Brauer, K. H.*, s. *H. Bethge*
*Brauns, R.*, Mineralogie, spezielle. **B. 167**, 150
*Bray, R. C., B. G. Malmström* u. *T. Vänngård*, Xanthin-Oxydase, Elektronenspin-Resonanz von — in Lösungen. **R. 166**, 179
*Brehmer, C.* u. *R. Reuther*, Benetzung, Untersuchung der — bei der Herstellung photographischer Filme und Papiere. **R. 165**, 184
*Breitenbach, J. W.* u. *O. F. Olaj*, Polymerisation, Schwefelwasserstoff als Kettenüberträger bei der. **R. 166**, 69
*Breitenbach, J. W.*, s. *H. Edelhauser*
*Bressler, R.*, Flüssigkeitsfilme, Verdampfung von dünnen. **R. 165**, 206
*Brodowsky, H.* u. *H. Strehlow*, Elektrische Doppelschicht, Struktur. **R. 165**, 190
*Broggi, A.*, s. *G. Bertolina*
*Brown, A. M.*, s. *W. R. Moore*
*Brown, F., F. Berardinelli* u. a., Polymerisation von Methyl-Isopropenyl-Keton. **R. 166**, 69
*Brown, F.* u. *B. Cartwright*, Virus der Maul- und Klauenseuche, Fraktionierung. **R. 167**, 151
*Brown, J., W. J. Jaap* u. *P. D. Ritchie*, Quarz und Rutil, Löslichkeit und Adsorptionseigenschaften von. **R. 165**, 184
*Brown, L. H., D. D. Watson* u. *K. J. Siegfried*, Novolak-Harze, furfurylierte. **R. 165**, 197
*Brown, R. K., R. Delaney* u. a., Ribonuklease, Bedeutung der Wasserstoff- und Disulfidbindungen für die Antigenstruktur der. **R. 167**, 73
*Brüche, E.* u. *K. J. Schulze*, Goldschlägerhäutchen. **O. 165**, 143
*Bruck, A., P. Haas* u. *W. Ulmer*, Ultrarotabsorptionsschreiber, schnellanzeigender. **R. 166**, 92
*Brunauer, S.* u. a., s. *D. L. Kantro*
*Buckman, S. J.*, s. *T. R. Ross*
*Buckser, S.*, s. *L. H. Tung*
*Burgis, A. W.* u. a., s. *R. S. Orr*
*Burkhard, R. K., J. E. Lothers*, jr. u. *H. A. Smith*, Serumalbumin vom Rind, Wechselwirkung mit schwefelhaltigen Verbindungen. **R. 167**, 78
*Bus, H.*, s. *J. Néel*

*Callieri, D. A.*, Agar-Agar, Apparatur zum Anbringen von Löchern in Scheiben von. **R. 166**, 184
*Callis, C. F.*, s. *E. J. Griffith*
*Campi, E.* u. a., s. *L. Trossarelli*
*Cann, J. R.*, Proteine, Interpretation der Pherogramme von. **R. 167**, 77
*Canning, R. E.* u. a., s. *N. G. Anderson*
*Cantow, H.-J.*, Polystyrole, Bestimmung der Molekulargewichtsverteilung von. **R. 166**, 88
*Cantow, M.*, s. *G. Meyerhoff*
*Caplan, S. R.*, Polymere, Fraktionierung durch Fällungs-Chromatographie. **R. 166**, 92
*Cappelaere, J.* u. a., s. *S. Boyer*
*Caputo, A., Bence-Jones*-Protein, Endgruppenbestimmung. **R. 167**, 84
*Caravaglios, R.* u. *C. Franzini*, Proteine aus Granulafraktionen, Elektrophorese löslicher. **R. 167**, 71
*Caro, W.*, Kathämaglobine, die Klasse der. **R. 166**, 179
*Carpenter, D. K.* u. a., s. *W. R. Krigbaum*
*Carroll, W. R.* u. a., s. *J. A. Gladner*
*Carroll, W. R.* u. a., s. *D. R. Kominz*
*Carson, A. W., T. B. Flanagan* u. *F. A. Lewis*, Widerstand in Wasserstoff enthaltendem Palladium und Palladiumlegierungen. **R. 167**, 69
*Carter, J. R.*, Proteine, amperometrische Titration der Disulfid- u. Sulfhydrylgruppen in. **R. 166**, 179
*Carter, J. R.* u. a., s. *H. Resnick*
*Cartwright, B.*, s. *F. Brown*
*Casey, R. S., J. W. Perry* u. a., Lochkarten, ihre Anwendung in Wissenschaft und Industrie. **B. 165**, 177
*Čech, M.*, s. *O. Králik*
*Cesca, S.* u. a., s. *G. Natta*
*Chance, L. H., F. S. Perkerson* u. *O. J. McMillain*, jr. Phenol-Formaldehyd-Harze als Ausrüstungsmittel für Baumwollgewebe. **R. 167**, 158
*Chaney, A.* u. u. a., s. *M. L. Wolfrom*
*Chanutin, A.*, s. *R. J. Gibbs*
*Chapiro, A.*, Polytetrafluoräthylen (Teflon), Darstellung von Pfropfmischpolymeren des. **R. 166**, 169
*Charch, W. H.* u. *W. W. Moseley*, jr., Fasern, Strukturforschung mittels Ultraschall bei synthetischen. **R. 167**, 158
*Charlwood, P. A.*, Serumalbumine, Molekulargewichte. **R. 166**, 81
*Chatterjee, S.*, s. *P. K. Ganguli*
*Chatterji, A. C.* u. *H. N. Bhargava*, anorganische Polyelektrolyte, GRAHAM-Salz. **R. 165**, 184
*Chaudhuri, A. K.* u. *S. Basu*, Polymerisation von Methyl-Isopropenylketon. 1. **R. 166**, 69
*Cheesman, D. F.* u. *O. Sten-Knudsen*, Proteine, Methode zur Untersuchung von Monoschichten der. **R. 167**, 154
*Cherdron, H.* u. a., s. *R. C. Schulz*
*Chicos, I.* u. a., s. *R. Mihail*
*Christman, D. R.* u. a., s. *F. M. Sinex*
*Chung, D.* u. a., s. *J. Léonis*
*Church, C. L.*, s. *M. E. Ginn*
*Ciferri, A.* u. a., s. *P. J. Flory*
*Clamroth, R.*, s. *T. Kempermann*
*Clark, R. E.* u. a., s. *W. L. Koltun*
*Clasing, M.*, Oberflächenschichten, Beeinflussung der Metallsinterung durch. **R. 165**, 203

*Coenen, M.*, Diskussion. **T. 165**, 55, 139
*Cohen, A.*, s. *L. Cohen*
*Cohen, L.* u. *A. Cohen*, Radiotherapie, Modifizierung der Reaktion gegen — durch chemische Verbindungen. **R. 167**, 73
*Cohen, P.*, Elektrodialyse, Membran- von Reaktor- — Kühlwasser. **R. 165**, 206
*Cole, R. D.*, s. *J. L. Bailey*
*Cole, S. S.*, s. *W. F. Sullivan*
*Comer, J. J.*, Abdruckverfahren, Untersuchung des Habitus von Kristallen durch. **R. 166**, 66
*Conix, A.*, Polyester von Bisphenolen, thermoplastische. **R. 166**, 89
*Conrad, C. M.*, Baumwolle, mechanische Eigenschaften chemisch veredelter. **R. 165**, 200
*Cook, R. L.*, s. *K. E. Nelson*
*Cooke, J. P.* u. a., s. *C. B. Anfinsen*
*Cooper, D. N. E.* u. *D. K. Ashpole*, Zellulosefasern, Sorptionswärmen von. **R. 165**, 198
*Cori, C. F.* u. a., s. *D. M. Kipnis*
*Corlateánu, P.* u. a., s. *R. Mihail*
*Cowie, D. B.* u. *F. T. McClure*, Makromolekelsynthese, Stoffwechselspeicher und. **R. 166**, 174
*Craig, L. C.*, s. *R. J. Hill*
*Craig, L. C.*, s. *T. P. King*
*Craubner, H.*, s. *G. V. Schulz*
*Creely, J. J.* u. a., s. *R. S. Orr*
*Cremer, E.*, Chromatographie, Gas-Adsorptions-—. **R. 167**, 67
*Crewther, W. G.* u. *L. M. Dowling*, Fasern aus Wolle, kinetische Untersuchung der Superkontraktion von — in Lösungen von Salzen, Säuren und Alkalien. **R. 167**, 157
*Crewther, W. G.* u. *T. A. Pressley*, Grenzflächenaktive Substanzen, Wirkung beim Karbonisieren. **R. 166**, 190
*Crowder, N. F.* u. a., s. *W. A. S. White*
*Cumberbirch, R. J. E.* u. *W. G. Harland*, Zellulose, Einfluß des Polymerisationsgrades auf die Eigenschaften molekular-homogener Einzelfäden von. **R. 166**, 188
*Czech, J.*, Oszillographen-Meßtechnik. **B. 167**, 66

*Dahlgren, S.-E.*, Thixotrope Materialien, Zusammenbruch von. **B. 165**, 173
*Dall'Asta, G.* u. a., s. *G. Natta*
*Danes, V.* u. *J. Nováková*, Porenverteilung fester Stoffe, Bestimmung aus den Adsorptionsisothermen des Argons. **R. 167**, 75
*Danielli, J. F., K. G. A. Pankhurst* u. *A. C. Riddiford*, Oberflächenphänomene in Chemie und Physik. **B. 166**, 161
*Davidescu, Y.*, s. *E. Angelescu*
*Davies, H. G.*, β-Lactoglobulin, Brechungsinkrement. **R. 166**, 81
*Davies, R.*, Reibung und Verschleiß. **B. 167**, 66
*Davies, R. V., J. Kennedy* u. a., Polymere, Synthese von Metallkomplexen bildenden — mit Gehalt an verschiedenen funktionellen Gruppen. **R. 167**, 69
*Davis, A. C.* u. *R. F. Hunter*, Polymerisation von Acetylenderivaten. 2. **R. 167**, 69
*Davis, R.* u. a., s. *B. E. Keane*
*Davison, W. H. T., S. H. Pinner* u. *R. Worrall*, Polymerisation von Isobuten, strahleninduzierte. **R. 167**, 69
*De, P. K.*, s. *B. N. Ghosh*
*Deeg, E.*, Diskussion. **T. 165**, 53, 54, 55, 56, 75, 139
*Defay, R.* u. *J. R. Hommelen*, Diffusion, Bedeutung der — im Adsorptionsprozeß einiger Alkohole und Säuren. **R. 167**, 153
*Defay, R.* u. *J. R. Hommelen*, Oberflächenspannung, Messung der dynamischen — wäßrigen Lösungen. **R. 167**, 154
*Delaney, R.* u. a., s. *R. K. Brown*
*Delgado, L.*, s. *G. M. Guzmán*
*DellaMonica, E. S.* u. a., s. *C. A. Zittle*
*Dellios, F.*, s. *T. Shuklikidis*
*Demeny, M.* u. a., s. *H. Sobotka*
*Demint, R. J.* u. *J. C. Arthur*, jr., Baumwolle, γ-Strahleneinfluß. 3. **R. 165**. 199
*DeSmet, M.* u. a., s. *A. J. Rutgers*
*Despić, A. R.* u. *Dj. Kosanović*, Methacrylaceton und seine Polymerisate. **R. 166**, 69
*DesRoches, M. E.*, s. *E. R. Blout*
*Deutsche Forschungsgemeinschaft* — Denkschrift der. **B. 166**, 64
*de Vries, A.* u. a., s. *C. Kirschmann*
*de Vries, A. J.*, Schaumstabilität. **B. 165**, 173
*de Vries, H.*, Kunstfasern, Zusammenhang zwischen Doppelbrechung und Verstreckfaktor bei. **R. 165**, 200
*de Vries, J.*, s. *W. F. Bon*
*Dexter, R. N.* u. a., s. *W. L. Koltun*
*Deželić, G.* u. a., s. *M. Zebec*
*Diamond, W. J.*, Polyphosphate, Phasengleichgewicht von. **R. 165**, 184
*Diannelidis, T.* u. *K. Mitrakos*, Plasmalemma, Untersuchungen über das — von Meeresalgen. **R. 167**, 152
*Dick, D. A. T.*, Protoplasma, Geschwindigkeit der Wasserdiffusion. **R. 167**, 71
*Dick, W.*, Diskussion. **T. 165**, 108
*Dick, W.* u. *F. H. Müller*, Schallgeschwindigkeiten, Gerät zur Messung von — in drahtförmigen Proben. **O. 166**, 113
*Dietzel, H.-W.* u. *F. H. Müller*, DK-Messungen an extrem verdünnten Polymerlösungen in unpolarem Lösungsmittel. **O. 166**, 98
*Dikstein, S.*, Papierchromatographie, Einfluß der Molekelstruktur auf den $R_F$-Wert. **R. 165**, 181
*Di Marzio, E. A.*, s. *J. H. Gibbs*
*Dismukes, E. B.*, Oberflächenspannung, Einfluß der Tropfengröße bei der Bestimmung der. **R. 166**, 186
*Dixon, G. H.* u. a., s. *J.-F. Pechère*
*Dixon, J. K.*, s. *M. L. Miller*
*Dobiás, B.*, Fluorit, Beeinflussung der Flotationsgeschwindigkeit von. **R. 167**, 68
*Dogadkin, B. A., I. A. Tutorskiĭ* u. *D. M. Pevzner*, Vulkanisation in Gegenwart von 2-Mercaptobenzothiazol, Mechanismus der. **R. 165**, 198
*Dole, M.*, Diskussion. **T. 165**, 51, 52, 54, 55, 56, 109, 114
*Dole, M.*, Hochpolymere, keramische Eigenschaften als Funktion der Vorbehandlung. **O. 165**, 40
*Douglass, D. C.* u. a., s. *D. W. McCall*
*Dowling, L. M.*, s. *W. G. Crewther*
*Drake, G. L.*, jr., *W. A. Reeves* u. *J. D. Guthrie*, Baumwolle, Phosphonmethylierung von. **R. 165**, 199
*Draper, A. L.*, Kolloide und Oberflächeneigenschaften. **R. 165**, 190
*Dreyfus, J.-L.* u. a., s. *L. Marcaud-Raeber*
*Dupré, J.* u. a., s. *D. B. Fordyce*
*Dusek, H.*, Elektronenoptische Abbildung durch Orthogonalsysteme. **R. 167**, 67
*Dvonch, W.* u. *H. E. Alburn*, Elastase, Zonenelektrophorese auf Stärke. **R. 167**, 77

*Ebata, M.*, Poly-ε-Aminocaproyl-α-Alanine, Art der Trypsinwirkung auf synthetische. **R. 166**, 182
*Ebata, M.*, Poly-ε-Aminocaproyl-α-Alanine, Trypsinwirkung auf synthetische. **R. 166**, 182
*Ebata, M.* u. *K. Morita*, Trypsin, Hydrolyse von ε-Aminocaproylverbindungen durch. **R. 166**, 172
*Eda, K.*, Grenzflächenaktive Substanzen, Oberflächenspannung der Lösungen nichtionogener. **R. 166**, 75
*Eda, K.*, Grenzflächenaktive Substanzen. 1.—5. **R. 166**, 174, 175, 176

*Eda, K.*, Grenzflächen-Impedanz, Frequenzabhängigkeit der. **R. 167**, 74
*Edelhauser, H.* u. *J. W. Breitenbach*, Polymerisation von Styrol, Emulsions-. **R. 166**, 170
*Edwards, G. A.*, s. *J. H. McAlear*
*Eggert, J.* u. *H. Hopff*, Polystyrol, Angriff von — durch Insektenlarven. **R. 167**, 155
*Eggert, J.* u. *Y. Yügelen*, Photographische Schichten, Verhalten in $H_2O_2$-Dampf. **R. 165**, 185
*Ehrenpreis, S.* u. *H. A. Scheraga*, Fibrinogen, Kinetik der Umwandlung in das Fibrinmonomer. **R. 167**, 77
*Ehringhaus, A.*, Mikroskop, wissenschaftliche Grundlagen und Anwendung. **B. 166**, 163
*Eik-Nes, K. B.*, s. *G. W. Oertel*
*Eisenberg, A.* u. a., s. *A. V. Tobolsky*
*Eisenberg, H.* u. a., s. *R. Laskov*
*Elbinger, G.* u. a., s. *W. Andrä*
*Elias, H.-G.*, Sedimentationskoeffizienten, Druck- und Konzentrationsabhängigkeit von. **R. 165**, 180
*Elias, H.-G.*, s. *F. Patat*
*Elias, H.-G.*, s. *T. A. Ritscher*
*Elliott, W. B.*, *W. C. Hülsmann* u. *E. C. Slater*, Cytochrom, Umwandlung in Mitochrom. **R. 167**, 87
*Emeleus, H. J.* u. *A. G. Sharpe*, Chemie, Fortschritte der anorganischen und Radio-. **B. 165**, 177
*Enders, H.* u. *G. Pusch*, Kunstharze, chlorbeständige „wash-and-wear"-Ausrüstung mit. **R. 165**, 201
*Engelter, A.*, Diskussion. **T. 165**, 108, 111, 114, 115
*Engelter, A.* u. *F. H. Müller*, Dielektrizitätskonstante, Präzisionsgerät zur Bestimmung der. **O. 166**, 25
*Enöckl, F.*, Zellen, Vitalitätsprüfung an — aus Früchten. **R. 167**, 152
*Eppe, R.*, *E. W. Fischer* u. *H. A. Stuart*, Polyäthylene, morphologische Strukturen von. **R. 167**, 91
*Erath, E. H.* u. *R. A. Spurr*, Harze, Auftreten globulärer Strukturen in wärmehärtenden. **R. 166**, 86
*Erbring, H.* u. *F. H. Müller*, Kolloidchemie makromolekularer Naturstoffe. **B. 165**, 171
*Ericson, L. G.* u. *S. S. Tomlin*, Kollagen, Röntgen-Kleinwinkelstreuungsdiagramme von. **R. 167**, 84
*Erkama, J.* u. *P. Suutarinen*, Desoxyribonukleinsäure, Aktivität der Salze gegenüber Desoxyribonuklease. **R. 166**, 77
*Erlanger, B. F.*, *F. Borek* u. a., Serumalbumin vom Rind, Verbindungen mit Steroiden. **R. 167**, 89
*Eshler, D. C.* u. a., s. *J. B. Bateman*
*Esposito, G. G.* u. a., s. *M. H. Swann*
*Exerowa, D.*, s. *A. Schedludko*
*Ezaki, H.*, s. *M. Kashiwagi*

*Fatou, J. M.*, s. *G. M. Guzmán*
*Faxén, H.*, Kugeln, über den Widerstand von starren — bei der Bewegung innerhalb zylindrischer Röhren. **W. K. 167**, 146
*Feeney, R. E.* u. a., s. *M. B. Rhodes*
*Feller, M.* u. *E. Field*, Polymerisation von Äthylen, Katalysatoren. **R. 166**, 69
*Fels, G.* u. *R. Veatch*, Stickstoff, Mikrobestimmung von. **R. 165**, 196
*Ferry, D.*, s. *K. Ninomiya*
*Ferry, J. D.*, s. *P. R. Saunders*
*Ferry, J. D* u. a., s. *J. W. Berge*
*Ferry, J. D.* u. a., s. *S. F. Kurath*
*Feughelman, M.*, *A. R. Haly* u. *T. W. Mitchell*, Fasern von Wolle, mechanische Eigenschaften von — in $D_2O$. **R. 167**, 157
*Feughelman, M.* u. *T. W. Mitchell*, Keratin, Dehnung bei Fasern aus. **R. 166**, 188
*Feughelman, M.* u. *T. W. Mitchell*, Keratinfasern, elastische und bleibende Dehnung bei. **R. 165**, 199
*Field, E.*, s. *M. Feller*
*Fiiolka, P.*, *R. Kayler* u. *I. Lenz*, Polyester, chromatographische Analyse der Dicarbonsäuren in. **R. 167**, 155
*Fikentscher, H.*, s. *E. Gerlach*
*Fine, J. M.* u. *J. Loeb*, Serum vom Menschen, immunoelektrophoretische Untersuchung des. **R. 166**, 82
*Fink-Jensen, P.*, Lackfilme, mechanische Spektra von. **R. 165**, 205.
*Fischer, E. W.*, Diskussion. Tagungsbericht **165**, 87
*Fischer, E. W.* u. a., s. *R. Eppe*
*Fischer, W. F.*, *R. F. Neu* u. *R. L. Zapp*, Butyl-Kautschuk, Beschleuniger für Oberflächenhärtung von. **R. 165**, 197
*Flanagan, T. B.* u. a., s. *A. W. Carson*
*Flemans, R.* u. a., s. *A. D. Bangham*
*Flengas, S. N.* u. *E. Rideal*, Seifenlösung, Adsorption an der Oberfläche verdünnter. **R. 166**, 175
*Flood, J. E.*, jr., Zentrufugieren. **R. 165**, 196
*Flore, P.*, s. *G. Smets*
*Flory, P. J.*, *C. A. J. Hoeve* u. *A. Ciferri*, Polymere, Einfluß von Einschränkungen des Bindungswinkels auf die Elastizität von Polymeren. **R. 165**, 181
*Flory, P. J.*, s. *T. A. Orofino*
*Flügel, H.*, Brackwasser, Osmoregulation im tropischen. **R. 165**, 201
*Földes, J.*, Polysaccharide der Zellwand, Isolierung zweier. **R. 167**, 71
*Folk, J. E.*, *J. A. Gladner* u. *K. Laki*, Co-Fibrin, Aminosäurensequenz. **R. 166**, 82
*Folk, J. E.* u. a., s. *J. A. Gladner*
*Ford, J. E.* u. *S. C. Simmens*, Fasern, Herstellung von Querschnitten mit der Platten-Methode. **R. 166**, 186
*Fordyce, D. B.*, *J. Dupré* u. *W. Toy*, Emulsionen von alkalilöslichen Acrylcopolymeren, **R. 167**, 96
*Fort*, jr., *T.* u. *A. E. Alexander*, Oberflächenfilme von Vinylverbindungen. **R. 166**, 75
*Foster, J. F.*, *P. Baranowsky* u. *M. R. Rachinsky*, Pepsin, Komplex mit menschlichen Mercaptalbuminen. **R. 167**, 87
*Foster, J. F.*, s. *E. J. Wiedemann*
*Fothergill, J. E.* u. a., s. *S. J. Singer*
*Fox*, jr., *J. B.* u. a., s. *C. Bernofsky*
*Fozzard, J. A. F.* u. a., s. *D. H. M. Woollam*
*v. Fragstein, C.*, s. *H. Römer*
*Franchon de Pradel, A.* u. *B. Imelik*, Kieselgel, Zersetzung von Ameisensäure durch. **R. 165**, 185
*Franke, H.*, s. *G. Sterba*
*Franklin, E. C.*, $\gamma$-Globulin, basische Fraktion von. **R. 165**, 188
*Franzini, C.*, s. *R. Caravaglios*
*Freiser, H.*, s. *G. H. Morrison*
*Frentz, R.*, Elektrophorese, —-Tank für vielseitige Anwendung. **R. 166**, 184
*Frey, H.-H.*, Hostalit Z. **R. 166**, 95
*Frey, H. H.*, s. *O. Fuchs*
*Frick*, jr., *J. G.*, *B. A. Kottes* u. *J. D. Reid*, Baumwolle, Auswirkungen der Methylol-Äthylenharnstoff-Ausrüstung von. **R. 166**, 190
*Frieden, C.*, Enzymatische Reaktionen, Beeinflussung durch Ionisierung des Substratmoleküls. **R. 165**, 189
*Friemel, W.*, *O. Knacke* u. *I. N. Stranski*, Sinterung von Zinn, Beeinflussung. **R. 165**, 203
*Frisch-Niggemeyer, W.*, Influenza-Virus, Innenstruktur **R. 166**, 77
*Fritz, J. J.* s. *J. G. Aston*
*Fromherz, H.* u. *A. King*, Chemische Fachausdrücke, englische und deutsche. **B. 165**, 176
*Frost, A. A.*, s. *M. L. White*
*Fuchs, O.* u. *H. H. Frey*, Polymer von Vinylchlorid, Wirkung kleiner Weichmacher-Konzentrationen in. **R. 167**, 151
*Fujita, H.*, Diffusion in Dreikomponentensystemen. **R. 166**, 165
*Fujita, H.* u. *V. J. MacCosham*, Sedimentationsgeschwindigkeit, Theorie. **R. 165**, 180

*Fujiwara, H.* u. a., s. *I. Sakurada*
*Fulrath, M. L.* u. a., s. *M. L. Volpe*
*Fuoss, R. M.* u. *F. Accascina*, Elektrolytisches Leitvermögen. **B. 167**, 66

*Ganguli, P. K.* u. *S. Chatterjee*, Serum vom Menschen, Deutung der Albuminbanden in Ultrazentrifugenaufnahmen vom. **R. 167**, 81
*Ganno, S.* u. a., s. *S. Tanaka*
*Garrett, B. S., W. C. Prentiss* u. *J. D. Scott*, Latexfilme, Glattwerden von. **R. 167**, 96
*Garrod, R. I.* u. *J. F. Nankivell*, Elektronenmikroskopie, erreichbare Genauigkeit bei der Stereo-. **R. 166**, 165
*Gautreaux, G. A.* u. a., s. *W. N. Berard*
*Gaylord, N. G.* u. *F. Mark*, Polymere, lineare und stereoreguläre Additions-. **B. 165**, 177
*Gebhardt, E.* u. *K. Köstlin*, Schmelzen, Eigenschaften metallischer. 15. **R. 165**, 203
*Gehatia, M.*, Sedimentation in der Ultrazentrifuge, mathematische Analyse der Geschwindigkeitsgradientenkurve. **O. 167**, 1
*Gehatia, M.*, Ultrazentrifugierung, Molekulargewicht von Makromolekeln durch. **R. 166**, 91
*Gehatia, M.* u. *E. Katchalski*, *Brown*sche Bewegung im Zentrifugalfeld. **R. 166**, 166
*Geissler, U.*, Membranpotential von Diatomeen. **R. 166**, 73
*Gellert, M. F., P. H. v. Hippel* u. a., Myosin B, Wechselwirkungen mit ATP. **R. 165**, 195
*Gellert, M. F.* u. a., s. *P. H. v. Hippel*
*Gemmer, E.*, Oberflächenschutz durch Wirbelsintern und Flammspritzen. **R. 165**, 206
*Gengnagel, H.* u. a., s. *W. Andrä*
*Gerecht, J. F.* u. a., s. *P. Weiss*
*Gergely, J.*, s. *G. Kaldor*
*Gerlach, E.* u. *H. Fikentscher*, Papierchromatographische Isolierung und Identifizierung von Guanin-Nukleotiden. **R. 167**, 70
*Ghosh, A. K.*, s. *S. Prakash*
*Ghosh, B. N.* u. *P. K. De*, Sole von Lanthanoxyd, Koagulationsgeschwindigkeit und elektrokinetisches Potential von. **R. 166**, 177
*Ghosh, B. N.* u. *P. K. De*, Sole von Uranyl-Ferrocyanid, Koagulation und elektrokinetisches Potential von. **R. 166**, 177
*Giannini, U.* u. a., s. *G. Natta*
*Gibbs, J. H.* u. *E. A. DiMarzio*, Makromoleküle, Helix-Knäuel-Umwandlung bei biologischen. **R. 165**, 179
*Gibbs, R. J.* u. *A. Chanutin*, Plasma des Menschen, Einfluß der Ionenstärke auf die Denaturierung des **R. 167**, 85
*Giddings, J. C.*, Chromatographie, Theorie. **R. 165**, 182
*Giddings, J. C.* u. a., s. *A. L. Ruoff*
*Gieser, F.*, Wachse, Klassifikation der. **R. 166**, 192
*Gillespie, T.*, Kapillaraufsteigen von Flüssigkeit. **R. 166**, 65
*Ginn, M. E.* u. *C. L. Church*, Grenzflächenaktive Substanzen, Analyse und Reinigung durch Ionenaustausch. **R. 166**, 94
*Gintis, D.* u. *E. J. Mead*, Pillingbildung, Mechanismus der. **R. 167**, 150
*Gish, D. T.*, s. *L. K. Ramachandran*
*Gladner, J. A., J. E. Folk* u. a., Co-Fibrin, Isolierung, Reinigung, Charakterisierung. **R. 166**, 82
*Gladner, J. A.* u. a., s. *J. E. Folk*
*Glas, P.*, s. *F. K. Beller*
*Glemser, O.* u. *E. Preisler*, Isopolyvanadat, Molekulargewicht des orangeroten. **R. 167**, 151
*Gmelins* Handbuch der anorganischen Chemie. System Nr. 5. Fluor. **B. 167**, 64
*Gmelins* Handbuch der anorganischen Chemie System Nr. 15. Silicium. **B. 167**, 65
*Gnamm, H.* u. *W. Sommer*, Lösungs- und Weichmachungsmittel. **B. 166**, 62
*Göbel, G.*, Polysulfid-Polymere, flüssige. **R. 166**, 95
*Gohl, W.*, Thermoplaste, Messung der „Formbeständigkeit in der Wärme". **R. 167**, 154
*Goldblith, S. A.* u. a., s. *H.-P. Pan*
*Golubow, J.* u. a., s. *C. J. Martin*
*Goodman, D. S.* u. *E. Shafrir*, Lipoprotein, Wechselwirkung mit langkettigen Fettsäureanionen. **R. 166**, 82
*Gordy, W.*, s. *G. McCormick*
*Gordy, W.*, s. *H. Shields*
*Gorin, G.*, s. *J. M. Katyal*
*Gotoda, M.*, Polymerisation von Schmierölen durch stille elektrische Entladungen. **R. 166**, 96
*Gotoh, R.* u. a., s. *T. Hanai*
*Götz, H.* u. *F. Scheiffarth*, Fibrinogen, Darstellung aus menschlichem Plasma. **R. 166**, 82
*Graban, P.* u. *P. Miescher*, Immunopathologie, Symposion 1958. **B. 165**, 177
*Gradman, U.* u. *W. Hort*, Querstreifungsabstände in der Muskulatur, mikroskopische Bestimmung. **R. 166**, 91
*Grant, J. N.* u. a., s. *M. L. Nelson*
*Grant, J. N.* u. a., s. *R. S. Orr*
*Green, H. L.* u. *W. R. Lane*, Stäube, Rauche, Nebel (Teilchenwolken). **B. 166**, 63
*Greenberg, S. A.*, Silikate, Natur der Arten von — in Natriumsilikatlösungen. **R. 165**, 184
*Greene, E. P.* u. *P. Toennies*, Stoßwellen, Chemische Reaktion in. **B. 167**, 148
*Gregg, S. J.* u. *O. Henning*, Oberflächenchemie fester Stoffe. **B. 167**, 148
*Gregor, H. P.* u. a., s. *J. B. Andelman*
*Gribi, M., M. Thürkauf* u. a., Elektronenmikroskop mit kalter Kathode und elektrostatischer Linse. **R. 166**, 184
*Grießbach, R.*, Austauschadsorption in Theorie und Praxis. **B. 167**, 66
*Griffin, H. L.* u. a., s. *S. Levine*
*Griffith, E. J.* u. *C. F. Callis*, Polyphosphate, Viskosität von Schmelzen von. **R. 166**, 66
*Grube, W. L.*, s. *G. M. Rassweiler*
*Gruber, E. E.* u. *O. C. Keplinger*, Polyurethanelastomere, Härtung von. **R. 165**, 197
*Gruen, L., M. Laskowski* u. *H. A. Scheraga*, Insulin, vollständig jodiertes Derivat des. **R. 167**, 85
*Guarnaccio, J.*, s. *H. H. Stein*
*Gublcr, M. G.* u. *A. J. Kovacs*, Polyäthylen, Struktur. **R. 167**, 91
*Guha, T.*, s. *S. R. Palit*
*Gurd, F. R. N.* u. a., s. *W. L. Koltun*
*Guthrie, W. A.*, s. *G. L. Drake*, jr.
*Gutter, F. J., E. A. Peterson* u. *H. A. Sober*, Hämoglobine, Chromatographie an Kationenaustauscher-Zellulose. **R. 167**, 81
*Gütter, E.* u. a., s. *K. Hess*
*Guyot, A.* u. a., s. *P. Ribeyrolles*
*Guzmán, G. M.* u. *L. Delgado*, Polymerisation von Vinylacetat, Kinetik der thermischen. **R. 166**, 65
*Guzmán, G. M.* u. *J. M. G. Fatou*, Polystyrol, Einfluß des Geschwindigkeitsgradienten auf die Viskosität von Lösungen von. **R. 166**, 86
*Guzmán, G. M.* u. *J. M. Fatou*, Polyvinylchlorid, Struktur von. **R. 166**, 86

*Haas, P.* u. a., s. *A. Bruck*
*Haase, R.*, Diskussion. **T. 165**, 96, 107, 109, 110, 111, 112, 114, 115, 140
*Hack, E.* u. a., s. *F. Kaiser*
*Hackerman, N.*, Sorption, Oxydation und Passivität. **R. 165**, 204
*Hagen, H.*, Glasfaserkunststoffe, Eigenschaften. **R. 166**, 187

*Hagen, H.*, Polyäthylen und andere Polyolefine. **B. 166**, 162
*Hagihara, B., K. Tagawa* u. a., Cytochrom c aus Weizenkeimen, Kristallisation des. **R. 166**, 180
*Hähnel, H. R., H. Steffens* u. *F. Sauerwald*, Perlon, Festigkeit und Dehnung von Fäden aus. **R. 166**, 183
*Haldenwanger, H.*, Polyvinylchlorid-Folien, Dehnung und Schrumpfung von. **R. 167**, 155
*Hall*, jr., *H. K.*, Polymerisation und Ringspannungen in bicyclischen Brückenverbindungen. **R. 165**, 187
*Hall*, jr., *H. K.*, Polymerisation von Lactamen. **R. 165**, 186
*Hall*, jr. *H. K.*, u. *A. K. Schneider*, Polymerisation von cyclischen Estern, Urethanen, Ureiden und Imiden. **R. 165**, 187
*Haly, A. R.* u. a., s. *M. Feughelman*
*Hammes, G. G.* u. *R. A. Alberty*, Proteine, Einfluß der Nettoladung von — auf die Bildungsgeschwindigkeit von Enzym-Substrat-Komplexen. **R. 167**, 77
*Hanafusa, H.* u. *S. Akabori*, Polymerisation von Aminoacetonitril. **R. 167**, 70
*Hanai, T., N. Koizumi* u. *R. Gotoh*, Emulsionen, dielektrische Eigenschaften von. 1. Dielektrizitätskonstanten von O/W-Emulsionen. **O. 167**, 41
*Harker, R. P.*, Reinigung, Mechanismus der. **R. 165**, 201
*Harkins, T. R., J. T. Harris* u. *O. D. Shreve*, Pigmente, Nachweis durch Infrarot-Spektroskopie. **R. 166**, 94
*Harland, W. G.*, s. *R. J. E. Cumberbirch*
*Harrap, B. S.*, Keratin der Wolle, Farbstoffbindung an lösliche Verbindungen von. **R. 167**, 86
*Harrap, B. S.* u. *E. F. Woods*, Proteine der Wolle, lösliche. 1. u. 2. **R. 165**, 194
*Harrington, W. F., P. H. v. Hippel* u. a., Proteine, Nachweis der Sekundenstruktur fibrillärer. **R. 166**, 82
*Harris, J. C.*, Detergentien, Suspensionsvermögen in Gegenwart von Substrat. **R. 165**, 206
*Harris, J. T.* u. a., s. *T. R. Harkins*
*Harris, L. A.*, Phasengleichgewicht $ThO_2/SiO_2$. **R. 165**, 186
*Harris, L. B.*, Adsorption. **R. 165**, 190
*Hartmann, H.* u. *R. Jaenicke*, Dielektrisches Analogon zur Strömungsdoppelbrechung. **R. 166**, 166
*Hartmann, L.* u. a., s. *J. Moretti*
*Hartzell, G. E.*, s. *C. S. Marvel*
*Hatano, H.* u. a., s. *S. Tanaka*
*Hausen, J.*, Chemiker-Anekdoten. **B. 166**, 64
*Hauser, O.*, Graphitisierung von Kohlenstoff, *Hall*-Effekt und elektrische Leitfähigkeit. **R. 166**, 67
*Havemann, R.* u. *H. Schiller*, Methämoglobinfluorid, Dissoziationsgleichgewicht. 1. u. 2. **R. 166**, 77, 78
*Havemann, R., H. Schiller* u. *P. Ackermann*, Methämoglobincyanat, Dissoziationsgleichgewicht des. **R. 167**, 85
*Havez, R.* u. *G. Biserte*, Zonenelektrophorese, Verhalten von Boratpuffer bei der. **R. 166**, 184
*Hayakawa, T., Y. Onchi* u. *J. Noguchi*, Poly-D,L-Lysin, Synthese. **R. 166**, 71
*Hayakawa, T.* u. a., s. *J. Noguchi*
*Hayashi, Y.* u. a., s. *J. Noguchi*
*Heard, D. H.* u. a., s. *A. D. Bangham*
*Heikeens, D.* u. a., s. *P. H. Hermans*
*Heilbrunn, L. V.*, Protoplasmatologia. Bd. I. u. II. **B. 165**, 178
*Hein, R. W.*, s. *P. Kovacic*
*Heinzel, W.* u. *V. Neuhoff*, Eiweiß, photometrische Bestimmung von. **R. 166**, 95
*Heller, W.*, Drehungsdispersion, Abschätzung der. **R. 165**, 182
*Heller, W.*, s. *H. Nakagaki*
*Hellwege, H.-H., W. Knappe* u. *V. Semjonow*, Kunststoffe, quasistationäre Messung der spezifischen Wärme und der Wärmeleitfähigkeit an. **R. 167**, 95
*Helmcke, J.-G.*, Polarisationsmikroskopische Methoden, Grenzen in der Zahnhistologie. **R. 166**, 91
*Helmreich, E.* u. a., s. *D. M. Kipnis*
*Hendus, H.*, Diskussion. **T. 165**, 81
*Hendus, H.*, Polyäthylen, zur Deformation von. **O. 165**, 32
*Henglein, A.* u. *W. Schnabel*, Polyvinylpyrrolidon, Oberflächenpfropfung unter dem Einfluß von $\gamma$-Strahlung. **R. 166**, 96
*Henglein, A.* u. *C. Schneider*, Polyisobutylen, $\gamma$-Strahlenschemie des — in Lösung. **R. 166**, 183
*Henning, O.*, s. *S. J. Gregg*
*Henrici-Olivé, G., S. Olivé* u. *G. V. Schulz*, Polystyrol, Selbstverzweigung und Übertragungsreaktion bei. **R. 166**, 183
*Hensley, J. W.* u. *C. G. Inks*, Zelluloseglykolsaures Natrium, Aufnahme durch Textilfasern. **R. 166**, 175
*Herak, M. J., J. Kratohvil* u. a., Sole von Metalljodaten, Untersuchung monodisperser Hydro-. **R. 166**, 177
*Herak, M. M.* u. a., s. *M. J. Herak*
*Heremans, J. F., M.-T. Heremans* u. *H. E. Schultze*, $\beta_2$-Globulin, Isolierung aus Serum und Eigenschaften. **R. 165**, 195
*Hermans*, jr., *J.*, Desoxyribonukleinsäure, Lichtstreuung der Lösungen von. **R. 167**, 81
*Hermans*, jr., *J.* u. *J. J. Hermans*, Desoxyribonukleinsäure, hydrodynamisches Verhalten der Lösungen von. **R. 167**, 81
*Hermans*, jr., *J.* u. *J. J. Hermans*, Lichtstreuung durch zick-zack- und schraubenförmige Ketten. **R. 165**, 182
*Hermans, J. J.*, s. *J. Hermans*, jr.
*Hermans, J. J.*, s. *P. J. Napjus*
*Hermans, J. J.*, s. *N. K. Raman*
*Hermans, J. J.*, s. *H. W. Zweegman*
*Hermans, P. H., D. Heikeens* u. *A. W. Weidinger*, Zellulosefasern, Röntgenkleinwinkel-Streuvermögen von. **R. 166**, 78
*Hershenson, H. M.*, Ultrarot-Absorptionsspektren. **B. 166**, 64
*Herwig, H. U.* u. *E. Jenckel*, Hochpolymere Stoffe, Gleichstromverhalten von. **R. 166**, 183
*Herzfeld, K. F.* u. *T. A. Litovitz*. Ultraschallwellen, Absorption und Dispersion von. **B. 167**, 66
*Hess, K., E. Gütter* u. *H. Mahl*, Perlon, große Längsperiode von. **R. 166**, 96
*Hessler, L. E.* u. *H. Workman*, Baumwolle, hitzebedingte chemische Veränderungen der Faser von. **R. 166**, 188
*Heyboer, J.*, Diskussion. **T. 165**, 77
*Heyn, A. N. J.*, Stärke, Struktur. **R. 166**, 181
*Hiatt, R. R.* u. *P. D. Bartlett*, Polymerisation von Styrol, trimolekulare thermische Startreaktion bei. **R. 166**, 71
*Hildebrand, J. H.* u. a., s. *H. Schmidt*
*Hill, R. J.* u. *L. C. Craig*, Hämoglobin des Menschen, Untersuchung der Gegenstromverteilung des. **R. 167**, 78
*v. Hippel, P. H., M. F. Gellert* u. *M. F. Morales*, Myosin B-System, Polymerisationen im. **R. 165**, 195
*v. Hippel, P. H.* u. a., s. *M. F. Gellert*
*v. Hippel, P. H.* u. a., s. *W. F. Harrington*
*Hirami, M.*, s. *H. Inagaki*
*Hiramoto, Y.*, Elektrische Eigenschaften der Echinodermen-Eier. **R. 167**, 71
*Hirata, H.*, s. *S. Saito*
*Hirschhorn, E.* u. *M. B. Mathews*, Viskose, Gleichgewicht und Kinetik des Wasseraustausches zwischen — und Detergens-Mizellen in einem Kohlenwasserstoff-Medium. **R. 167**, 158
*Hively, R. A.* u. *C. W. Wadelin*, Vulkanisation, Bestimmung von freiem Schwefel in Beschleunigern. **R. 167**, 155

*Hjertén, S.*, Papierelektrophorese verdünnter Proteinlösungen. **R. 166**, 93
*Hladovec, J.* u. a., s. *V. Mansfeld*
*Hnilica, L.*, s. *M. Klímek*
*Hodgman, C. D., R. C. Weast* u. *S. L. Selby*, Chemie und Physik, Handbuch für. **B. 165**, 173
*Höfler, K.*, Permeabilität, Untersuchungen an Parenchymzellen der Blattrippen. **R. 167**, 71
*Höfler, K.*, Plasma, Abbau des — und Permeabilität. **R. 167**, 152
*Hofmann, K., M. E. Woolner* u. a., Hormon, melanocytenstimulierendes, Synthese aus Analogen. **R. 165**, 187
*Hofstee, B. H. J.*, Chymotrypsinhydrolyse von n-Fettsäureestern. **R. 166**, 83
*Holden, G.*, Textilfasern, Kraft-Dehnungsverhalten von. **R. 165**, 200
*Holley, H. L.* u. a., s. *D. Platt*
*Holmberg, B.* u. *B. Sörbo*, β-Aminoäthylthioschwefelsäure, Schutzwirkung gegen ionisierende Strahlung. **R. 167**, 73
*Holmes, A. W.*, Wolle, allmählicher Abbau von — und Haar durch Papain. **R. 167**, 157
*Holtzer, A.* u. *S. Lowey*, Myosin, Größe und Gestalt der Molekel von. **R. 167**, 82
*Holtzer, A.*, s. *S. Lowey*
*Hommelen, J. R.*, Oberflächenspannung, Ausschaltung des durch Verdampfung des gelösten Stoffes bedingten Fehlers bei Bestimmung der. **R. 167**, 150
*Hommelen, J. R.*, s. *R. Defay*
*Honeyman, J.*, Zellulose und Stärke, Fortschritte in der Chemie von. **B. 167**, 63
*Hopff, H.*, s. *J. Eggert*
*Hoppe, H. A.*, Drogenkunde. **B. 165**, 176
*Horáková, Z.* u. a., s. *V. Mansfeld*
*Horbach, A.*, s. *G. V. Schulz*
*Hořejší, J.* u. *A. Komárková*, Hämoglobin, Beeinflussung der Dissoziationskurven des. **R. 166**, 172
*Horne, R. W.* u. *R. H. Ottewill*, Silberjodid, elektronenmikroskopische Untersuchung von. **R. 165**, 185
*Hort, W.*, s. *U. Gradman*
*Hoeschele, G. K.* u. a., s. *J. B. Andelman*
*Hoeve, C. A. J.* u. a., s. *P. J. Flory*
*Hover, P. F.*, s. *H. W. Talen*
*Howe, C., G. Schiffman* u. a., Blutgruppensubstanzen, Enzymeinfluß auf. **R. 165**, 189
*Howe, C.* u. a., s. *G. Schiffman*
*Huff, K.*, s. *F. H. Müller*
*Hughes, R. E.*, Polymerstrukturen, Charakterisierung durch helikale Gitternetze. **R. 166**, 166
*Hughes, T. H.*, Oberfläche, Apparatur zur Bestimmung der spezifischen — mittels der Permeabilität von Luft. **R. 167**, 94
*Hugou, M.-P.* u. a., s. *J. Moretti*
*Hülsman, W. C.* u. a., s. *W. B. Elliott*
*Hummel, F. A.*, s. *B. S. R. Sastry*
*Hunter, M. J.* u. *F. C. McDuffie*, Serumalbumin vom Menschen, Molekulargewicht nach Reduktion und Alkylierung der Disulfidbrücken. **R. 167**, 82
*Hunter, R. F.*, s. *A. C. Davis*
*Hunyar, A.*, Silikone, Chemie der. **B. 167**, 147
*Hurlen, T.*, Rutil, Defekt-Struktur von. **R. 165**, 67
*Hutchinson, E.*, Kolloid-Elektrolyte, Ultrafiltrationsversuche an. **R. 167**, 76
*Hutchinson, E.* u. *L. G. Bailey*, Kolloid-Elektrolyte, Wärmekapazität solubilisierter Systeme. 1., 2. **R. 167**, 76
*Hutchinson, W. D.* u. a., s. *J. R. Vinograd*
*Hütter, L. J.*, s. *H. H. Stadelmaier*

*Ijlstra, J.* u. a., s. *R. Beukers*
IKA-Nachrichten Nr. 1. **B. 166**, 64
*Ikeda, S.* u. *T. Isemura*, Polypeptide, Monoschichten von. 2. Oberflächenviskosität und Typen. **R. 167**, 75
*Illers, K. H.*, Diskussion. **T. 165**, 54, 75, 76, 77, 87
*Illers, K. H.* u. *E. Jenckel*, Hostaflon und Teflon, Temperaturabhängigkeit des mechanischen Verlustfaktors von. **O. 165**, 84
*Illers, K. H.* u. *E. Jenckel*, Polymere, Beeinflussung der inneren Dämpfung von vernetzten. **O. 165**, 73
*Imelik, B.*, s. *A. Franchon* de *Pradel*
*Imre, L.*, Übergangsschichten, Thermodynamik der — an fest-flüssigen Phasengrenzen. **O. 166**, 122
*Inagaki, H.* u. *M. Hirami*, Polyelektrolyte, osmotischer Druck der Lösungen von. **R. 166**, 166
*Inks, C. G.*, s. *J. W. Hensley*
*Inokuchi, K.* u. a., s. *T. Tachibana*
*Inokuchi, T.* u. a., s. *T. Tachibana*
*Isemura, T.* u. *Y. Mukohata*, Biokolloide, elektrische Doppelbrechung von. **R. 167**, 64
*Isemura, T.*, s. *S. Ikeda*
*Ito, Y.*, s. *S. Shishido*
*Iwanow, N.* u. *R. Schneider*, Durchflußkammer. **R. 166**, 91
*Iwanow, N.* u. *R. Schneider*, Längsschnitte, Herstellung von achsenparallelen. **R. 166**, 91
*Iwanow, N.* u. *R. Schneider*, Mikrofiltrationsapparat. **R. 166**, 91
*Iyer, B. V.* u. a., s. *T. Radhakrishnan*

*Jaap, W. J.* u. a., s. *J. Brown*
*Jaatinen, W. A.*, s. *D. F. Othmer*
*Jaenicke, R.*, Dielektrisches Verhalten strömender Flüssigkeiten, Apparatur zur Messung des. **R. 166**, 185
*Jaenicke, R.*, s. *H. Hartmann*
*Jayson, G. G.*, Waschprozeß, Adsorption des Detergens auf Faser und Anschmutzung. **R. 167**, 76
*Jayson, G. G.*, Waschprozeß, Rolle des Polyphosphats im. **R. 167**, 76
*Jeckel, D.* u. a., s. *G. Pfleiderer*
*Jellinek, H. H. G.*, Adhäsionseigenschaften von Eis. **R. 167**, 153
*Jenckel, E.*, Diskussion. **T. 165**, 52, 53, 54, 56
*Jenckel, E.*, s. *H. U. Herwig*
*Jenckel, E.*, s. *K. H. Illers*
*Jenckel, E.*, s. *H. G. Kilian*
*Jenckel, E.*, s. *R. Kosfeld*
*Jenkins, A. D.*, Polymerisation von Vinylverbindungen. **R. 165**, 187
*Jenkins, A. D.* u. a., s. *C. H. Bamford*
*Jensen, A.*, F. *Basolo* u. *H. M. Neumann*, Polymethacrylat-Anion, Bindung von Kationen. **R. 166**, 89
*Jewstropjew, K. S.* u. *N. A. Toropow*, Silikatchemie, Einführung in die. **B 167**, 63
*Jirgensons, B.*, Kolloide, organische. **B. 166**, 160
*Johnson, J. F.*, s. *R. S. Porter*
*Johnson, J. S.* u. *K. A. Kraus*, Ultrazentrifugierung von Metallionen in basischer Lösung. **R. 166**, 168
*Jones, R. T., W. A. Schroeder* u. a., Hämoglobin H, Grundstruktur von. **R. 167**, 87
*Jönsson, B.* u. a., s. *C. B. Anfinsen*
*Jost, W.*, Diffusion, Methoden der Messung und Auswertung. **B. 165**, 172
*Jost, W.*, s. *H. Ulich*
*Joussot-Dubien, J.*, Polystyrol, magnetische Untersuchung der Orientierung der Molekelketten in gestrecktem. **R. 167**, 92
*Jura, G.* u. a., s. *H. Schmidt*
*Jurkovich, V.* u. a., s. *H. ven Horst*
*Jurkovich, V.* u. a., s. *M. J. Wolf*

*Kabat, E. A.* u. a., s. *C. Howe*
*Kabat, E. A.* u. a., s. *G. Schiffman*
*Kadmer, E. H.*, Emulsionen, Beurteilung grenzflächenwirksam-legierter Öle und. **R. 166**, 192
*Kaiser, F., E. Haack* u. *H. Spinnler*, Neodigoxin, Isolierung aus den Blättern von Digitalis lanata Ehrh. **R. 167**, 152

*Kaldor, G.* u. *J. Gergely*, Synärese von Myofibrillen, Einfluß von Pyridoxalphosphat auf die. **R. 167**, 77
*Kalnitsky, G.* u. *H. Resnick*, Ribonuklease, Einfluß der Sekundärstruktur auf die Aktivität von. **R. 166**, 180
*Kalnitsky, G.* u. a., s. *H. Resnick*
*Kalousek, N.* u. a., s. *Z. Knor*
*Kaminski, M.* u. *C. E. Tanner*, Serumalbumine vom Menschen, Abbau durch Enzyme. **R. 166**, 172
*Kantro, D. L., S. Brunauer* u. *C. H. Weise*, Tricalciumsilikat, Hydratation von — bei Raumtemperatur in der Kugelmühle. **R. 167**, 158
*Karagounis, G.* u. *G. Lippold*, Racemische Verbindungen, gaschromatographische Spaltung von. **R. 166**, 95
*Kargin, V. A.*, s. *Z. I. Sulejmanova*
*Karjala, S. A.* u. *Y. Nakayama*, Serum vom Menschen, schnellwandernde Albumine im. **R. 166**, 172
*Kashiwagi, K. M.*, Waschmittel, kationische Gruppe in sulfatierten. **R. 165**, 206
*Kashiwagi, M.* u. *H. Ezaki*, Anionenseifen, Bedeutung der kationischen Gruppe in. **R. 167**, 76
*Katagiri, S.*, s. *H. Kimura*
*Katchalski, E.*, s. *M. Gehatia*
*Katchalsky, A.* u. a., s. *C. Kirschmann*
*Kato, K.*, Zellulose-Fasern, Färbung von Schnitten von Regenerat-. **R. 166**, 188
*Katsoyannis, P. G.* u. a., s. *W. L. Koltun*
*Katyal, J. M.* u. *G. Gorin*, Ovalbumin, Bestimmung der Sulfhydrylgruppen in. **R. 167**, 85
*Kauman, W. G.*, Ampholyte, elektrophoretische Trennung. **R. 165**, 183
*Kawai, W.* u. *S. Tsutsumi*, Polypropylen, chemische Reaktion von. **R. 167**, 92
*Kawait, T.*, Polymere, Zustandsgleichung für lineare — in monomolekularen Schichten. **R. 166**, 75
*Kawaki, A.*, Polarisationsgrad, Messung mit Hilfe eines kompensierenden Glasplattensatzes. **R. 167**, 67
*Kawasaki, I.* u. a., s. *S. Mochida*
*Kay, K.*, Luftverunreinigung. **R. 166**, 94
*Kayler, R.* u. a., s. *P. Fijolka*
*Keane, B. E., G. Spiegler* u. *R. Davis*, Knochen, Bestimmung des Mineralgehaltes von. **R. 167**, 95
*Kegeles, G.*, s. *A. J. Richard*
*Keil, B.* u. *F. Šorm*, Chymotrypsinogen, Cysteinsäurepeptide aus — -Hydrolysat. **R. 167**, 85
*Keil, B.* u. *F. Šorm*, Trypsin, Cysteinsäurepeptide aus —-Hydrolysat. **R. 167**, 85
*Keller, A.*, Diskussion. **T. 165**, 114, 115
*Keller, A.*, Elektronenmikroskopie und Röntgenkleinwinkelstreuung. **O. 165**, 15
*Keller, A.*, Polyäthylen, Kleinwinkelstreuung beim Strecken von. **O. 165**, 34
*Kelly, J. W.*, Metachromasie, Anwendung. **R. 166**, 74
*Kemme, G.* u. a., s. *W. Scheele*
*Kempermann, T.* u. *R. Clamroth*, Dämpfung, Ermittlung der relativen. **R. 166**, 187
*Kennedy, J.* u. a., s. *R. V. Davies*
*Kent, A.* u. a., s. *R. R. Casey*
*Keplinger, O. C.*, s. *E. E. Gruber*
*Kern, W.* u. a., s. *R. C. Schulz*
*Kessel, M.*, Proteine aus Organen, Isolierung und Trennung von. **R. 165**, 193
*Kestlicher, D.*, Nicht-*Newton*sche Flüssigkeiten, Ausfließen von. **R. 166**, 166
*Keulemans, A. I. M.*, Gas-Chromatographie. **B. 165**, 172
*Kewitz, H.*, Gehirn von Warmblütern, Isolierung von Substanzen aus dem. **R. 167**, 152
*Khalafalla, S. E., A. M. Shams el Din* u. *S. A. Marei*, Polarographie, Unterdrückung des Maximums durch Zusätze. **R. 167**, 67
*Kiermayer, O.*, s. *H. Linser*
*Kilian, H. G.*, Diskussion. **T. 165**, 81
*Kilian, H. G.*, Teflon, Röntgenuntersuchungen an. **O. 165**, 82
*Kilian, H. G.* u. *E. Jenckel*, 4,6-Polyurethan, Schmelzen und Kristallisieren des. **O. 165**, 25
*Kimizuka, H.* u. a., s. *R. Matuura*
*Kimmel, J. R.* u. a., s. *B. G. Malmström*
*Kimura, H.* u. *S. Katagiri*, Elektronenlinsen, durch permanente Magneten erregte. **R. 166**, 185
*King, A.*, s. *H. Fromherz*
*King, T. P.* u. *L. C. Craig*, Gegenstromverteilung von Ribonuklease und Lysozym. **R. 165**, 194
*Kingery, W. D.*, Oberflächenspannung flüssiger Oxyde. **R. 165**, 184
*Kingsley, G. R.*, Klinische Chemie. **R. 166**, 94
*Kipnis, D. M., E. Helmreich* u. *C. F. Cori*, Gewebspermeabilität, Untersuchungen über. **R. 166**, 173
*Kirschmann, C., A. Katchalsky* u. *A. de Vries*, Blutplättchen, elektrochemische Untersuchung der Oberfläche der. **R. 166**, 73
*Kirshenbaum, I.* u. a., s. *J. H. Bartlett*
*Klämt, H.-D.*, Chromatographie der Indolyl-3-Essigsäure. **R. 167**, 155
*Klein, E.* u. *R. Martejec*, Silberkeime, Bildung und Wachstum an Halogensilberkörnern. **R. 166**, 66
*Kleine, H.-H.*, s. *J. Kleine*
*Kleine, J.* u. *H.-H. Kleine*, Polyester der Milchsäure, hochmolekulare. **R. 166**, 69
*Klímek, M.* u. *L. Hnilica*, Desoxyribonukleinsäure, Einfluß auf Adsorptionsspektrum von Berberin. **R. 167**, 78
*Kline, G. M.*, Polymere, analytische Chemie der. 1. **B. 166**, 64
*Klinkenberg, A.*, Adsorption von Flüssigkeitsgemischen. **R. 165**, 190
*Kluckow, P.* u. *E. Seeberger*, Kautschuk, Beitrag zum Frosting-Problem des. **R. 167**, 155
*Knacke, O.* u. a., s. *W. Friemel*
*Knappe, W.* u. a., s. *H.-H. Hellwege*
*Knight, C. A.* u. *B. R. Woody*, Tabakmosaikvirus, Phosphorgehalt des. **R. 165**, 192
*Knor, Z., M. Kalousek* u. *V. Boháckova*, Oberflächenviskosität, Messung der. **R. 167**, 74
*Knudsen, J. G.*, s. *R. H. Wang*
*Koch, C.*, Oberflächenhäutchen an hochmolekularen Flüssigkeiten. **R. 167**, 74
*Kodera, K.* u. *Y. Onishi*, Ruß, Bestimmung der spezifischen Oberfläche von. **R. 166**, 167
*Koizumi, N.* u. a., s. *T. Hanai*
*Kölbel, H.* u. *P. Kühn*, Grenzflächenaktive Substanzen, p-n-Alkyl-Benzolsulfonate als. **R. 166**, 178
*Kolin, A.*, Elektromagnetisches Feld, Verhinderung von Strömung durch ein. **R. 166**, 94
*Kolin, A., D. Leenow* u. *W. Lichten*, Elektromagnetophorese, Konvektion bei. **R. 166**, 93
*Kolthoff, I. M., A. Anastasi* u. *B. H. Tan*, Serumalbumin vom Rind, Reaktionsfähigkeit der Sulfhydryl- und Disulfidgruppen in Lösungen. **R. 167**, 78
*Koltun, W. L., R. E. Clark* u. a., Carbobenzoxy-L-propyl-L-histidylglycinamid, Reaktionsfähigkeit von. **R. 166**, 68
*Koltun, W. L.*, u. *F. R. N. Gurd*, Glycylglycin, Reaktion mit p-Nitrophenylacetat. **R. 166**, 68
*Komárková, A.*, s. *J. Hořejší*
*Kominz, D. R., W. R. Carroll, E. N. Smith* u. a., Myosin, Untereinheit. **R. 167**, 77
*Köniqer, A.*, Viskositätsmessungen an Gußeisen. **R. 165**, 203
*Könnecke, H.-G.*, Flüssigkeitstropfen, Koexistenzzeit an Phasengrenzflächen. **R. 167**, 67
*Koppehele, H. P.*, s. *E. Passaglia*
*Koppelmann, J.*, Diskussion. **T. 165**, 75, 96

*Korthum, K.* u. *M. Asbrand*, Filze, quantitative Analyse von. **R. 165**, 196
*Kosanović, Dj.*, s. *A. R. Despić*
*Kosfeld, R.*, Diskussion. **T. 165**, 139
*Kosfeld, R.* u. *E. Jenckel*, Polystyrol, kernmagnetische Resonanzmessungen an weichgemachtem. **O. 165**, 136
*Köstlin, K.*, s. *E. Gebhardt*
*Kottes, B. A.* u. a., s. *J. G. Frick*, jr.
*Kovacic, P.* u. *R. W. Hein*, Polymere, Vernetzung mit Dimalonsäureimiden. **R. 166**, 71
*Kovacic, P.* u. *R. W. Hein*, Polymere, Vernetzung von ungesättigten — mit Dimalonsäureimiden. **R. 166**, 71
*Kovacs, A. J.*, s. *M. G. Gubler*
*Koyama, R.*, Polymere Lösungen, 2. Virialkoeffizient von. **R. 165**, 181
*Králik, O.* u. *M. Čech*, Elektronenmikroskopie, Analyse tropfenförmiger Präparate. **R. 166**, 91
*Kratohvil J.* u. a., s. *M. J. Herak*
*Kratohvil, J.* u. a., s. *M. Zebec*
*Kraus, K. A.*, s. *J. S. Johnson*
*Krause, G.*, s. *W. Straub*
*Kray, R. J.* u. a., s. *F. Brown*
*Kreidl, W. H.*, Polyäthylen-Vorbehandlung und -Bedruckbarkeit. **R. 166**, 95
*Krems, I. J.* u. a., s. *P. Weiss*
*Krentsel, B. A.* u. a., s. *A. V. Topchiev*
*Krigbaum, W. R., D. K. Carpenter* u. *S. Newman*, Polystyrol, Gestalt von isotaktischem. **R. 166**, 89
*Krisai-Knyrim, D.*, Plasma, Konfiguration des — von Hyphen und Vitalfärbbarkeit. **R. 167**, 71
*Krishna, P. M.* u. *D. V. Warlu*, Grenzflächenspannung, Modifizierung der Tropfengewichtsmethode zur Messung der. **R. 166**, 185
*Kritchevsky, D.* u. *R. F. J. McCandless*, Poliomyelitisvirus, Adsorption an Cholesterol. **R. 166**, 76
*Krokowski, E.*, Dosimeter für Röntgenstrahlen. **R. 166**, 185
*Krotkov, G.*, s. *V. C. Runeckles*
*Krum, F.*, Diskussion. **T. 165**, 77, 81, 82
*Krum, F.*, Polycarbonat, dielektrische Messungen an. **O. 165**, 77
*Kruse, J.* u. *T. Timm*, Elastomere, Temperaturabhängigkeit des mechanischen und spannungsoptischen Verhaltens von. **R. 166**, 187
*Küchler, L.*, s. *K. Winnacker*
*Kuhn, Wo. H.*, s. *G. V. Schulz*
*Kühn, P.*, s. *H. Kölbel*
*Kuno, H.*, Sedimentvolumen von Pulvern, Einfluß von Dichte und Viskosität von Flüssigkeiten auf das. **W.K. 166**, 54
*Kurath, S. F., T. P. Yin* u. a., Poly-n-dodecylmethacrylat, dynamisch-mechanische Eigenschaften von. **R. 166**, 88
*Kurath, S. F.* u. a., s. *P. R. Saunders*
*Kurian, C. J.* u. *M. S. Muthana*, Copolymerisation von Isocapronsäure-Vinylester mit Vinylacetat und Äthylen. **R. 166**, 70
*Kurian, C. J.* u. *M. S. Muthana*, Polymerisation von Vinylestern aliphatischer Carbonsäuren. **R. 166**, 70
*Kurian, C. J.* u. *M. S. Muthana*, Polymerisation von Vinylestern höherer Fettsäuren in Benzol-Lösung. **R. 166**, 170
*Kuroda, H.* u. *H. Akamatu*, Ruß, Substruktur und Kristallitwachstum bei. **R. 165**, 185
*Kusov, A. B.*, Kautschuk, Dehnungsarbeit beim. **R. 167**, 157
*Kuzminskiĭ, A. S.* u. *L. V. Borkova*, Kautschuk, Vulkanisation von Hartgummi. **R. 167**, 156
*Kuzminskiĭ, A. S.* u. a., s. *A. F. Postovskaya*

*Laity, R. W.*, Diffusionsprobleme, irreversible Thermodynamik der. **R. 165**, 182
*Laki, K.* u. a., s. *J. E. Folk*
*Laki, K.* u. a., s. *J. A. Gladner*
*Lam*, jr., *D. G.*, s. *J. B. Wachtman*, jr.
*Lands, W. E. M.* u. *C. Niemann*, α-Chymotrypsin, Wechselwirkung mit α-N-acetylierten L-Tyrosinmethylamiden. **R. 167**, 78
*Lane, E. S.* u. a., s. *R. V. Davies*
*Lane, W. R.*, s. *H. L. Green*
*Langenbeck, W.*, Chemie, Lehrbuch der organischen. **B. 165**, 147, 177
*Laskov, R., E. Margoliash* u. a., Ribonukleinsäure aus Rattenleber, hochmolekulare. **R. 167**, 87
*Laskowski, M.* u. a., s. *L. Gruen*
*Lauchner, J. H.* u. *D. G. Bennett*, Keramische Überzüge, elastische Deformation von. **R. 165**, 202
*Laurell, C. B.*, Haptoglobine, Reinigung und Eigenschaften von. **R. 165**, 192
*Lautsch, W.*, Peptidketten, Mechanismus der Elektronenleitung in. **W. K. 167**, 144
*Lautsch, W.*, Peptid-Synthese, über den Mechanismus der biochemischen und chemischen. **W. K. 166**, 55; **Berichtig. 167**, 159
*Lawler, H. C.*, Acetylcholinesterase, Isolierung. **R. 167**, 78
*Lawrence, W. G.*, s. *R. R. West*
*Le Bras, J.*, Kautschuk, Alterungsprobleme. **R. 165**, 197
*Le Bras, J.*, Kautschuk, Wissenschaft und Technologie des. **B. 165**, 175
*Lederer, M.*, Papierelektrophorese und verwandte Methoden, Einführung in die. **B. 166**, 162
*Lee, L.-H.*, s. *J. R. Shelton*
*Lee, W.* u. *J. H. Turnbull*, Chymotrypsin, Freiwerden von Phenol aus Dyphenylphosphoryl-—. **R. 165**, 192
*Leenow, D.* u. a., s. *A. Kolin*
*Lefschetz, S.*, Differential-Gleichungen, geometrische Theorie der. **B. 165**, 174
*Leijnse, B.*, Thermodynamik, Anwendung auf biochemische Probleme. 1. u. 2. **R. 166**, 65
*Lenz, I.* u. a., s. *P. Fijolka*
*Léonis, J., C. H. Li* u. *D. Chung*, Chymotrypsin, Wirkung auf α-Corticotropin. **R. 165**, 201
*Levine, L.* u. a., s. *R. K. Brown*
*Levine, S., H. L. Griffin* u. *F. R. Senti*, Dialdehyd-Stärke, Lösungseigenschaften von. **R. 166**, 78
*Lewis, D. R.* u. a., s. *R. A. Rowland*
*Lewis, F. A.* u. a., s. *A. W. Carson*
*Lewis, J. P.*, s. *R. L. McGeachin*
*Li, C. H.*, s. *A. J. Parcells*
*Li, C. H.* u. a., s. *J. Léonis*
*Lichten, W.* u. a., s. *A. Kolin*
*Lieberman, S.* u. a., s. *B. F. Erlanger*
*Lindner, H.*, s. *S. Strugger*
*Linnig, F. J.*, s. *M. Tryon*
*Linser, H.* u. *O. Kiermayer*, Wuchs- und Hemmstoffe, Wirksamkeit verschiedener — in Lanolinpasten. **R. 167**, 71
*Lippold, G.*, s. *G. Karagounis*
*Litovitz, T. A.*, s. *K. F. Herzfeld*
*Littauer, U. Z.* u. a., s. *R. Laskov*
*Llopis, J* u. *A. Albert*, $\gamma$-Globulin vom Rind, Temperatureinfluß auf monomolekulare Schichten von. **R. 167**, 79
*Llopis, J.* u. *A. Albert*, Serumalbumin vom Rind, Temperatureinfluß auf monomolekulare Schichten von. **R. 167**, 79
*Llopis, J.* u. *A. Albert*, Serumalbumin und $\gamma$-Globulin vom Rind, viskoelastisches Verhalten monomolekularer Schichten von. **R. 166**, 78
*Loeb, J.*, s. *J. M. Fine*
*Loebel, A. B.*, Latex, Teilchengrößenbestimmungen in synthetischem. **R. 167**, 96

*Löbig, O.*, Metalloberflächen, silikatische Schutzschichten auf. **R. 165**, 204
*Locker, R. H.*, Myosin, Hitzekoagulation von. **R. 166**, 83
*Logan, M. A.* u. a., s. *R. E. Schrohenloher*
*Lohss, F.* u. *J. Wollensau, Bence-Jones*-Proteine, zur Natur der. **R. 166**, 180
*Loiselle, A. A.*, s. *S. S. Winter*
*Loos, W.*, Gärung, $Ce^{3+}$-Einfluß auf die alkoholische. **R. 166**, 74
*Lösche, A.*, Diskussion. **T. 165**, 57, 136
*Lösche, A.*, Hochpolymere, Schlüsse auf Zustandsänderungen von — aus Kerninduktionsuntersuchungen. **O. 165**, 116
*Lothers*, jr. *J. E.*, u. a., s. *R. K. Burkhard*
*Löwenberg, P.*, Molekularsiebe in der organischen Chemie. **R. 167**, 70
*Lowey, S.* u. *A. Holtzer*, Myosin, Aggregation des. **R. 167**, 83
*Lowey, S.*, s. *A. Holtzer*
*Ludwig, R.*, Kautschuk, Diffusion von Schwefel in. **R. 167**, 156
*Lumry, R.*, s. *S. Takashima*
*Luttropp, H.*, Kautschuk, Quellung und Entquellung von Weichgummi. **R. 167**, 156

*Maass, H.*, Alginsäure und Alginate. **B. 165**, 177
*MacCosham, V. J.*, s. *H. Fujita*
*Machemer, H.*, Grenzflächenaktive Stoffe auf aliphatischer Grundlage. **R. 165**, 200
*Mackay, D.* u. *P. Meares*, Filme, Korrektur für die — aus ungerührten Lösungen in Zellen mit Ionenaustauschermembranen. **O. 167**, 31
*MacMasters, M. M.* u. a., s. *M. J. Wolf*
*Maeda, A.* u. *A. Oikawa*, Taka-Amylase A, Rotationsdispersion von nativer und denaturierter. **R. 166**, 180
*Magnan de Bornier, B.*, s. *J. Philippot*
*Mahl, H.* u. *W. Weitsch*, Elektronenmikroskopie, Nachweis von Ladungsschwankungen in Filmen bei Elektronendurchstrahlung. **R. 167**, 154
*Mahl, H.* u. a., s. *K. Hess*
*Malmström, B. G., J. R. Kimmel* u. *E. L. Smith*, Enolase aus Hefe, Aminosäurenzusammensetzung. **R. 167**, 89
*Malmström, B. G.* u. a., s. *R. C. Bray*
*Manegold, E.*, Kolloidkunde, allgemeine und angewandte. **B. 166**, 160
*Mankowich, A. M.*, Solubilisation, Gesetzmäßigkeiten bei mizellarer. **R. 166**, 76
*Manning, D. T.* u. *C. Niemann*, α-Chymotrypsin, Wechselwirkung mit Tyrosinmethylamiden. **R. 166**, 83
*Mansfeld, V., A. Ziegelhöffer* u. a., Trypsin-Inhibitoren, Isolierung aus Hülsenfrüchten. **R. 166**, 74
*Mansi, W.*, Gel-Diffusions-Präzipitintest auf Objektträgern. **R. 166**, 185
*Marcaud-Raeber, L.*, Metamyosin, Heterogenität von. **R. 166**, 79
*Marcaud-Raeber, L.*, Metamyosin, Vergleich mit Analogen. **R. 166**, 79
*Marcaud-Raeber, L., G. Schapira* u. *J. L. Dreyfus*, Metamyosin, Nachweis und Isolierung. **R. 166**, 79
*Marei, S. A.* u. a., s. *S. E. Khalafalla*
*Mares, T.* u. a., s. *R. S. Orr*
*Margoliash, E.* u. a., s. *R. Laskov*
*Marinetti, G. V., K. Temple* u. *E. Stotz*, Phosphatide, Bromolyse von. **R. 168**, 87
*Mark, F.*, s. *N. G. Gaylord*
*Mark, H.* u. a., s. *C. G. Overberger*
*Markus, G.*, s. *M. H. Winkler*
*Marsh, J. T.*, Baumwolle, knitterechte. **R. 165**, 199
*Marshall, H. S. B.* u. *H. J. Palmer*, Faserstoffe, physikalische Eigenschaften von. **R. 166**, 190
*Martejec, R.*, s. *E. Klein*
*Martin, C. J., J. Golubow* u. *E. A. Axelord*, Chymotrypsin, Bestimmungsmethoden. **R. 166**, 181
*Martin, H.*, Diskussion. **T. 165**, 55
*Martin, H.*, Ultrazentrifuge, Gaskonvektion in der. **R. 166**, 186
*Maruyama, K.*, Myosine vom Krebs, Strömungsdoppelbrechung der. **R. 167**, 74
*Maruyama, K.*, s. *H. Noda*
*Marvel, C. S.* u. *G. E. Hartzell*, Poly-1,3-Cyclohexadien, Darstellung. **R. 166**, 70
*Mashiko, Y.*, Zwischenmolekulare Kräfte in Vielkomponentensystemen. **R. 165**, 186
*Mäsiar, P.*, Hämoglobin von Mensch und Pferd. **R. 165**, 193
*Mäsiar, P.*, Hämoglobin vom Pferd, Hydrolyse **R. 165**, 193
*Mason, S. G.*, s. *W. Bartok*
*Mathews, M. B.*, s. *E. Hirschhorn*
*Matijevac, F.* u. a., s. *M. Mirnik*
*Matting, A.*, Leichtmetalle, Kleben von. **R. 165**, 204
*Matuura, R., H. Kimizuka* u. *K. Yatsunami*, Adsorption von Natriumdodecylsulfat an der Grenzfläche Lösung/Luft, Einfluß anorganischer Elektrolyte auf die. **R. 167**, 75
*Matuura, R., H. Kimizuka* u. a., Adsorption von Natrium-Alkylsulfaten, Kinetik der. **R. 166**, 175
*Mau, G.* u. a., s. *W. Scheele*
*Maurer, H.-J.*, Erythrozyten, Phosphorstoffwechsel in bestrahlten. **R. 165**, 188
*Maurer, P. H.*, Serumalbumin vom Rind, Eigenschaften von denaturiertem. **R. 167**, 83
*Maurer, P. H.*, s. *S. J. Ram*
*Maybury, R. H.* u. a., s. *J.-F. Pechère*
*Mazzanti, G.* u. a., s. *G. Natta*
*McAlear, J. H.* u. *G. A. Edwards*, Membran von Plasma und Kern, Kontinuität. **R. 166**, 74
*McCall, D. W., D. C. Douglass* u. *E. W. Anderson*, Äthylen-Polymere, Diffusion in. **R. 167**, 93
*McCall, D. W., D. C. Douglass* u. *E. W. Anderson*, Polyäthylen, Molekelbewegung in. **R. 166**, 183
*McCandless, R. F. J.*, s. *D. Kritchevsky*
*McClure, F. T.*, s. *D. B. Cowie*
*McCormick, G.* u. *W. Gordy*, Peptide, Strahlenschädigung bei. **R. 166**, 167
*McDuffie, F. C.*, s. *M. J. Hunter*
*McGeachin, R. L.* u. *J. P. Lewis*, Serumamylase, elektrophoretisches Verhalten von. **R. 167**, 79
*McKinney, L. L.* u. *E. H. Uhing*, Protein aus Sojabohne, carboxymethyliertes. **R. 166**, 83
*McLaren, A. D.* u. *W. N. Takahashi*, Tabakmosaikvirus, Lichtstreuung. **R. 166**, 83
*McLennan, H.*, Muskel von Säugetieren, Na-Transport im. **R. 165**, 188
*McMillain*, jr., *O. J.*, s. *L. H. Chance*
*McNutt, J. E.* u. *G. M. Andes*, Grenzflächenenergien, Zusammenhang zwischen Kontaktwinkeln und. **R. 166**, 167
*McPhee, J. R.*, Wolle, Reaktion mit Natrium-Hydroxyd. **R. 166**, 188
*Mead, E. J.*, s. *D. Gintis*
*Meares, P.*, s. *D. Mackay*
*Medley, J. A.* u. *M. W. Andrews*, Wolle, Beeinflussung der Farbstoffaufnahme in die Fasern von. **R. 166**, 190
*Meedom, B.*, α-Chymotrypsinogen, Carboxylgruppen in. **R. 166**, 81
*Meites, L.* u. *H. C. Thomas*, Analytische Chemie für Fortgeschrittene. **B. 166**, 58
*Mejbaum-Katzenellenbogen, W.* u. *W. M. Dobryszycka*, Serumproteine, quantitative Bestimmung von papierelektrophoretisch getrennten. **R. 167**, 95
*Melville. H.* u. a., s. *N. M. Atherton*
*Menke, W.*, Cytoplasma meristematischer Zellen, Myelinfiguren im. **R. 167**, 71
*Menzel, E.*, Lichtmikroskop, Steigerung der lateralen Auflösung. **R. 166**, 91

*Merrill, E. W.*, s. *B. T. Storey*
*Merrill, S. H.*, s. *R. W. Rolley*
*Mertens, J. J.*, Nylon-Monofils, Drehmoment in hochgezwirnten. **R. 165**, 200
*Meselson, M.* u. a., s. *E. Robkin*
*Meskat, W.*, Diskussion. **T. 165**, 95
*Metzger, G.*, Oberflächenspannung von Metallschmelzen. **R. 166**, 175
*Meyerhoff, G.*, Lignin, Molekulargewicht von synthetisch gewonnenem. **R. 165**, 85
*Meyerhoff, G.* u. *M. Cantow*, Polystyrole, Molekulargewichte unverzweigter und verzweigter. **R. 167**, 91
*Michaels, A. S.* u. *R. B. Parker*, jr., Polymere, Bestimmung der Löslichkeitskonstanten von Gasen in. **R. 166**, 89
*Michon, J.* u. *R. Bourrillon*, Glykoproteine, Freisetzung der Zuckerkomponente aus. **R. 166**, 79
*Michon, J.*, s. *R. Bourrillon*
*Miescher, P.*, s. *P. Graban*
*Miesse, C. C.*, Flüssigkeitströpfchen, Theorie der Verbrennung fein versprühter. **R. 165**, 183
*Miesserov, K. G.* u. a., s. *A. V. Topchiev*
*Mihail, R., I. Chicos* u. a., Polymerisation des Äthylens mit oxydischen Katalysatoren. **R. 166**, 70
*Mihalyi, E.* u. a., s. *W. F. Harrington*
*Milička, L.*, Elektrostenolyse an stromdurchflossenen Membranen. **R. 166**, 65
*Mill, C. C.*, Rheologie disperser Systeme. **B. 165**, 177; **167**, 149
*Millen, J. W.* u. a., s. *D. H. M. Woollam*
*Miller, J. C.* u. a., s. *R. R. Myers*
*Miller, M. L.* u. *J. K. Dixon*, Natrium-dialkyl-sulfobernsteinsäureester, Leitfähigkeit von oberflächenaktiven. **R. 165**, 191
*Milun, A. J.* u. a., s. *M. Babcock*
*Mirnik, M.* u. *V. Pravdić*, Elektrokinetische Potentiale von AgJ. **R. 166**, 176
*Mirnik, M., V. Pracdić* u. *F. Matijevac*, Elektroosmose-Apparatur. **R. 166**, 185
*Mitchell, E. R.* u. a., s. *D. R. Kominz*
*Mitchell, T. W.*, s. *M. Feughelman*
*Mitchell, T. W.* u. a., s. M. *Feughelman*
*Mitrakos, K.*, s. *T. Diannelidis*
*Miura, M.* u. *T. Nagakane*, Titrationskurven, kolloidchemische Betrachtung der. **R. 166**, 67
*Miyamoto, S.* u. a., s. *R. Matuura*
*Mizushima, S.-I.* u. a., s. *M. Tsuboi*
*Mochida, S., I. Kawasaki* u. *Y. Nishimura*, Kaolin-Minerale, Änderungen der dynamischen Eigenschaften durch Wärmebehandlung. **R. 166**, 190
*Mocker, F.*, Polarographische Bestimmung von organischen Substanzen, die in der Gummiindustrie verarbeitet werden. **R. 167**, 155
*Moll, W. L. H.*, Folien, Durchlässigkeit von Kunststoff- — für Gase und Dämpfe. **W. S. 167**, 55
*Mönig, H.* u. a., s. *G. Siegel*
*Mooney, M.*, Polymere, Diffusionstheorie der Viskoelastizität. **R. 167**, 157
*Moore, W. R.* u. *A. M. Brown*, Äthylenzellulose, Viskositätszahl der. **R. 167**, 86
*Moore, W. R.* u. *R. P. Sheldon*, Polyäthylenglykolterephthalat, Fraktionierung von. **R. 166**, 190
*Morales, M. F.* u. a., s. *M. F. Gellert*
*Morales, M. F.* u. a., s. *P. H. v. Hippel*
*Moretti, J., C. Boussier* u. a., Proteine des Serums, Übereinstimmung der Ergebnisse verschiedener Elektrophoresemethoden. **R. 166**, 92
*Morgan, H. M.* u. a., s. *H.-P. Pan*
*Morikawa, I.* u. a., s. *B. Hagihara*
*Morita, K.*, s. *M. Ebata*
*Morrison, G. H.* u. *H. Freiser*, Extraktionsverfahren in der analytischen Chemie. **B. 167**, 148
*Moseley*, jr., *W. W.*, s. *W. H. Charch*
*Mossé, J.*, Makromolekel/Lösungsmittel/Nichtlösungsmittel, Entmischung von Systemen aus. **R. 167**, 67
*Moynihan, R. E.*, Polytetrafluoräthylen, UR-Spektrum von. **R. 166**, 85
*Mukohata, Y.*, s. *T. Isemura*
*Mulgaonkar, A. G.* u. *A. Sreenisasan*, Proteine des Serums von Ratten, Vitamin $B_{12}$-Bindung durch. **R. 166**, 73
*Müller, A.*, s. *J. E. Boag*
*Müller, E.* u. a., s. *R. C. Schulz*
*Müller, F. H.*, Deformationsvorgang, Analyse von Zustandsänderungen aus Untersuchungen des. **O. 165**, 96
*Müller, F. H.*, Diskussion. **T. 165**, 52, 55, 56, 57, 73, 75, 76, 77, 95, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 140
*Müller, F. H.*, „Eigenschaften und Vorgeschichte des Materials", einleitende Bemerkungen zum Thema der Diskussionstagung. **O. 165**, 1
*Müller, F. H.*, Hochpolymere, Wärmeeffekte beim Verstrecken von. **R. 166**, 85
*Müller, F. H.*, Kautschuk, kalorimetrische Messungen bei der Deformation von. **R. 167**, 156
*Müller, F. H.* u. *K. Huff*, Polymere, zur Frage der reduzierten Darstellung des dielektrischen Spektrums bei Hoch-—. **O. 166**, 44
*Müller, F. H.* u. *K. Huff*, Polyvinylisobutyläther-Dekahydronaphthalin, dielektrische Untersuchungen am Mischsystem. **O. 166**, 47
*Müller, F. H.*, s. *W. Dick*
*Müller, F. H.*, s. *H.-W. Dietzel*
*Müller, F. H.*, s. *A. Engelter*
*Müller, F. H.*, s. *H. Erbring*
*Munden, D. L.* u. *D. Slater*, Nylon 66, Schrumpfung von Fäden aus — im Dampf. **R. 167**, 158
*Münster, A.*, Diskussion. **T. 165**, 51, 52, 53, 55
*Muramatsu, M.*, Monomolekulare Schichten von amphipathischen Verbindungen, Niederschlag von. **R. 166**, 174
*Murray, P.*, s. *P. J. Anderson*
*Mussgay, M.*, s. *K. Strohmaier*
*Muessig, C. W.* u. a., s. *J. H. Bartlett*
*Muthana, M. S.*, s. *C. J. Kurian*
*Myers, R. R., J. C. Miller* u. *A. C. Zettlemoyer*, Filme, Spaltung dünner Flüssigkeits-—. **R. 167**, 152

*Naake, H. J.* u. *K. Tamm*, Elastomere, Schallfortpflanzung in Platten und Stäben aus. **R 167**, 157
*Nagakane, T.*, s. *M. Miura*
*Naismith, W. E. F.*, Proteine aus der Erdnuß, Wirkung von Natriumsalizylat auf die. **R. 166**, 79
*Naismith, W. E. F.* u. *R. K. Williams*, Arachin, Elektrolyteinfluß auf die Denaturierung von. **R. 166**, 79
*Nakagaki, M.* u. *W. Heller*, Lichtstreuung kugelförmiger Kolloide, Rückwärtsstreuung. **R. 167**, 67
*Nakagaki, M.* u. *K. Osagawa*, Papierchromatographie, Eindringen von Flüssigkeiten bei der. **R. 166**, 167
*Nakajima, A., H. Yamakawa* u. *I. Sakurada*, Polyvinylacetat, Dampfdruck in Lösungen von. **R. 166**, 92
*Nakajima, A.* u. a., s. *I. Sakurada*
*Nakayama, Y.*, s. *Karjala*
*Nakazawa, S.*, Blasenbildung in Fuaceen-Eiern. **R. 167**, 72
*Nambu, K.*, s. *I. Sakurada*
*Nanda, V. S.* u. *R. K. Pathria*, Polymere, Einkettentheorie des Abbaues von. **R. 165**, 179
*Nanda, V. S.* u. *R. K. Pathria*, Polymere, Theorie des statischen Abbaus von **R. 165**, 179
*Nanda, V. S.*, s. *R. K. Pathria*

*Nankivell, J. F.*, s. *R. I. Garrod*
*Napjus, P. J.* u. *J. J. Hermans*, Carboxymethylzellulose, physikalisch-chemische Untersuchungen der wäßrigen Lösungen von. **R. 167**, 86
*Narahara, H. T.* u. *R. H. Williams*, Insulin, Reduktion von. **R. 166**, 83
*Náray-Sabó, I.*, Glas, Sauerstoffvolumen, Wärmeausdehnung und Struktur des. **R. 167**, 159
*Narita, K.*, Protein des Gurkenvirus, Isolierung von Acetylpeptid aus. **R. 166**, 83
*Narita, K.*, s. *L. R. Ramachandran*
*Nash, T.*, Micellen, Eintritt der zeitabhängigen Organisation in einer homologen —-Reihe. **R. 166**, 178
*Natta, G.*, Polymere von α-Olefinen, Eigenschaften von Homo-—. **R. 167**, 92
*Natta, G., G. Dall'Asta* u. a., Polymerisation von Vinyläthern, stereospezifische. **R. 166**, 71
*Nazarian, G. M.*, Ultrazentrifuge, Theorie des Übergangszustandes in der. **R. 167**, 68
*Néel, J.* u. *H. Buc*, Makromolekel, viskosimetrische Prüfung der Deformation von —, die den elektrischen Feldern von Ionen ausgesetzt sind. **R. 167**, 93
*Nelson, K. E.* u. *R. L. Cook*, Elektrokeramisches Material aus Bleimetaniobat. **R. 165**, 202
*Nelson, M. L., F. R. Andrews* u. *J. N. Grant*, Baumwolle, Auswirkungen der Hitze-Trocknung auf. **R. 165**, 199
*Neu, R. F.* u. a., s. *W. F. Fischer*
*Neuhoff, V.*, s. *W. Heinzel*
*Neumann, H. M.* u. a., s. *A. Jensen*
*Neurath, H.* u. a., s. *J.-F. Pechère*
*Neuroth, N.*, Glasschmelzen, Wärmeleitfähigkeit von. **R. 167**, 159
*Newman, S.* u. a., s. *W. R. Krigbaum*
*Nielsen, L. E., R. Wall* u. *G. Adams*, Koaleszenz von Flüssigkeitstropfen. **R. 165**, 190
*Niemann, C.*, s. *T. H. Applewhite*
*Niemann, C.*, s. *R. L. Bixler*
*Niemann, C.*, s. *W. E. M. Lands*
*Niemann, C.*, s. *B. T. Manning*
*Ninomiya, K.* u. *D. Ferry*, Visko-elastische Daten, Näherungsgleichungen für die Behandlung von. **R. 165**, 182
*Nishimura*, u. a., s. *S. Mochida*
*Nisonoff, A.* u. *D. Pressman*, Antikörper, Harnstoffeinfluß auf die Reaktionszentren eines. **R. 167**, 83
*Noda, H.* u. *K. Maruyama*, Myosin B, Strömungsdoppelbrechung verschiedener Präparate von. **R. 167**, 82
*Noda, H.* u. *K. Maruyama*, Myosin B, Wechselwirkung mit Adenosintriphosphat. **R. 165**, 192
*Noguchi, J.* u. *T. Saito*, Proteinanaloge, Synthese, 17. **R. 166**, 72
*Noguchi. J., T. Saito* u. a., Poly-D,L-Serin, Synthese von. **R. 166**, 72
*Noguchi, J.* u. a., s. *T. Hayakawa*
*Nováková, J.*, s. *V. Danes*
*Nygaard, A. P.*, Milchsäure-Dehydrogenase aus Hefe, Reinigung und Reaktionseigenschaften von. **R. 167**, 88

*Oberst, H.*, Diskussion. **T. 165**, 76
*O'Driscoll, K. F.* u. a., s. *A. V. Tobolsky*
*Ogle, J. D.* u. a., s. *R. E. Schrohenloher*
*Ogorelec, Z.*, Elektronenmikroskopie, Bedampfung der Präparate. **R. 166**, 91
*Ogston, A. G.*, Fasern, Zwischenräume in einer Suspension von. **R. 165**, 180
*Ohashi, S.* u. *J. R. van Wazer*, Polyphosphate des Ca. **R. 166**, 66
*Oehme, F.*, Formaldehydlösungen, Analyse von — durch Messungen von DK und Dichte. **R. 167**, 155
*Oikawa, A.*, s. *A. Maeda*
*Okazaki, T.* u. *K. Tsushima*, Hämoglobin, Reaktion zwischen reduziertem — und Äthylisocyanid. **R. 166**, 180
*Okunuki, K.* u. a., s. *S. Hagihara*
*Olaj, O. F.*, s. *J. W. Breitenbach*
*Olivé, S.* u. a., s. *G. Henrici-Olivé*
*Onchi, Y.* u. a., s. *T. Hayakawa*
*O'Neal, M. J.*, jr., s. *M. L. André*
*Onishi, Y.*, s. *K. Kodera*
*Orofino, T. A.* u. *P. J. Flory*, Polyelektrolyte, 2. Virialkoeffizient von. **R. 166**, 165
*Orr, R. S., A. W. Burgis* u. a., Baumwolle, Auswirkung von Verlängerung bei mercerisierter und amorpher. **R. 166**, 188
*Oertel, G. W.* u. *K. B. Eik-Nes*, Papierextrakte, Reinigung. **R. 167**, 95
*Osagawa, K.*, s. *M. Nakagaki*
*Osaka, K.*, s. *T. Sasaki*
*Othmer, D. F.* u. *W. A. Jaatinen*, Sojabohnen, Extraktion mit verschiedenen Lösungsmitteln. **R. 167**, 89
*Ottewill, R. H.*, s. *R. W. Horne*
*Otto, L.*, Mikroskopie, Durchlicht-—. **B. 166**, 163
*Overberger, C. G., F. Ang* u. *H. Mark*, Polystyrol, laboratoriumsmäßige Darstellung von isotaktischem. **R. 166**, 171

*Packter, A.*, Sole, Oberflächenpotential und Gelbildungsgeschwindigkeit in thixotropen. **R. 166**, 177
*Palit, S. R.* u. *T. Guha*, Polymerisation, Einfluß der Phasentrennung auf die Geschwindigkeit der heterogenen. **R. 166**, 169
*Palmer, H. J.*, s. *H. S. B. Marshall*
*Pan, H.-P., B. E. Proctor* u. *S. A. Goldblith*, Baumwolle, Nachweis der Faserschädigung durch ionisierende Strahlen. 1., 2. u. 3. **R. 166**, 188, 189
*Pankhurst, K. G. A.* u. a., s. *J. F. Danielli*
*Paquin, A. M.*, Epoxydverbindungen und Epoxydharze. Chemische Technologie der. **B. 166**, 62
*Parcells, A. J.* u. *C. H. Li*, Wachstumshormone aus Hypophysen, N-terminale Aminosäuren der. **R. 165**, 188
*Parker, R. B.*, jr., s. *A. S. Michaels*
*Parsons, R. J.* u. *H. Warson*, Copolymerisation von Methacrylsäureestern mit Methacrylat-Ionen. **R. 166**, 170
*Pask, J. A.* u. a., s. *M. L. Volpe*
*Passaglia, E.* u. *H. P. Koppehele*, Zellulose, Dehnungsabhängigkeit der Spannungsrelaxation von —-fäden. **R. 167**, 89
*Patat, F.* u. *H.-G. Elias*, Heparin, Molekulargewicht und Aktivität von. **R. 167**, 72
*Paterson, N. S.* u. *K. Wheatley*, Siliciumdioxyd-Pulver, Löslichkeit und Benetzungswärme von. **R. 166**, 67
*Pathria, R. K.* u. *V. S. Nanda*, Polymere, N-Kettentheorie des Abbaus von. **R. 165**, 179
*Pathria, R. K.* u. *V. S. Nanda*, Polymere, Problem der schwachen und starken Bindungen beim Abbau von. **R. 166**, 167
*Pathria, R. K.*, s. *V. S. Nanda*
*Patton, J. R.* u. *W. Pigman*, Sekrete aus der Speicheldrüse des Menschen, Komponenten in den. **R. 167**, 151
*Paul, H. L.*, Viren, spektralphotometrische Bestimmung des Nukleinsäuregehaltes pflanzlicher. **R. 167**, 95
*Pauly, H.* u. *H. P. Schwan*, Suspensionen aus kugelförmigen Teilchen mit Schale, Impedanz von. **R. 165**, 178
*Peacock, N.*, Keratin von Wolle, Quer-β-Modifikation des. **R. 166**, 84
*Pechère, J.-F., G. H. Dixon* u. a., Trypsinogen und α-Chymotrypsinogen, Spaltung von Disulfidbindungen in. **R. 167**, 82
*Pecsok, R.*, Gas-Chromatographie. **B. 165**, 178
*Peeters, H.*, Proteide der biologischen Flüssigkeiten. **B. 165**, 178, **166**, 162

*Penndorf, R. B.*, Mie-Theorie, Näherungsmethode im kolloidalen Bereich. **R. 165**, 183
*Pepper, L.* u. a., s. *C. A. Zittle*
*Perelman, A. I.* u. a., s. *A. V. Topchiev*
*Perkerson, F. S.* u. a., s. *L. H. Chance*
*Perry, E. J.*, Adsorption hochmolekularer Substanzen, Einfluß von — auf Kristallwachstum. **R. 165**, 185
*Perry, J. W.*, Chemisches Russisch. **B. 165**, 177
*Perry, J. W.* u. a., s. *R. S. Casey*
*Perry, J. W.* u. a., s. *A. M. Schwartz*
*Peter, K.*, Kapillaraktive Verbindungen, kolorimetrische Vergleichsanalyse von nichtionogenen. **R. 166**, 187
*Peterson, E. A.* u. a., s. *F. J. Gutter*
*Pevzner, D. M.* u. a., s. *B. A. Dogadkin*
*Pfeiffer, H. H.*, Biorheologie, protoplasmatische und Untersuchungen mittels — an pflanzlichen Milchsäften. **R. 167**, 152
*Pfenningsdorf, G.* u. a., s. *G. Siegel*
*Pfleiderer, G., D. Jeckel* u. *T. Wieland*, Sulfhydrylgruppen, Bedeutung für die enzymatische Aktivität. **R. 167**, 73
*Pfleiderer, J.*, Streulichtintensität großer sphärischer Partikel. 3. **R. 167**, 67
*Philippot, J.* u. *B. Magnan de Bornier*, Ferritin, Aussalzen und Neuverteilung des Eisens in. **R. 166**, 80
*Piatti, L.*, Metalloberflächen, Passivierung und Schutzschichtbildung. **R. 165**, 203
*Pieper, E.*, Chemiefaserqualitäten in der Kautschukindustrie. **R. 166**, 189
*Pietruszkiewicz, A.* u. a., s. *L. Varga*
*Pigman, W.*, s. *J. R. Patton*
*Pigman, W.* u. a., s. *D. Platt*
*Pinner, S. H.* u. a., s. *W. H. T. Davison*
*Platt, D., W. Pigman* u. *H. L. Holley*, Gelenkflüssigkeit. Untersuchung in der Ultrazentifuge. **R. 166**, 173
*Pochmann, A.*, Osmoregulation bei dem Salzflagellaten Choanogaster. **R. 167**, 72
*Podmore, D. A.*, Plasma-Fibrinogen, Schnellbestimmung von. **R. 165**, 196
*Pohl, D.*, Gußeisen, Bestimmung der Oberflächenspannung von. **R. 165**, 203
*Polson, A.*, Diffusion, Apparatur für mehrere Simultanversuche. **R. 167**, 94
*Poppel, E.*, s. *C. Simionescu*
*Porter, R. S.* u. *J. F. Johnson*, Polyisobuten, Abbau von. **R. 166**, 89
*Postovskaya, A. F., M. A. Salimov* u. *A. S. Kuzminskii*, Polysulfide, Änderung der Kettenlänge bei Lichteinwirkung. **R. 165**, 200
*Pouradier, J.* u. a., s. *S. Boyer*
*Prakash, S.* u. *A. K. Ghosh*, Sole von Silber, Einfluß von Überschall auf Hydro-. **R. 167**, 153
*Prakash, S.* u. *A. D. Pandey*, Sol von Vanadinpentoxyd, Einfluß von Ultraschall. **O. 167**, 39
*Pravdić, V* u. a., s. *M. Mirnik*
*Preisler, E.*, s. *O. Glemser*
*Prentiss, W. C.* u. a., s. *B. S. Garrett*
*Pressley, T. A.*, s. *W. G. Crewther*
*Pressman, D.*, s. *A. Nisonoff*
*Priester, L. I.* u. a., s. *D. S. Spicer*
*Prigogine, I.*, Physik, Fortschritte der chemischen. **B. 166**, 165
*Prince, D. L.* u. a., s. *A. L. Ruoff*
*Proctor, B. E.* u. a., s. *H.-P. Pan*
*Pusch, G.*, s. *H. Enders*
*Putnam, F. W.*, Serumglobuline vom Menschen, Nichtidentität der Makroglobuline. **R. 167**, 83

*Rabinovitch, B.*, Serumalbumin vom Menschen, Thyroxinbindung durch. **R. 167**, 84
*Rabinovitz, M.*, s. *F. Rappaport*
*Rachinsky, M. R.* u. a., s. *J. F. Foster*
*Radhakrishnan, T., B. V. Iyer* u. a., Baumwolle, Zusammenhang zwischen Kristallitorientierung und Reißfestigkeit von. **R. 166**, 189
*Radhakrishnan, T.* u. a., s. *H. Wakeham*
*Raë, A.*, Wolle, Untersuchung der Dehnung des Garns beim Aufwickeln. **R. 167**, 157
*Rajagopal, E. S.*, Teilchengrößenverteilung, Zeitabhängigkeit der — während Koaleszenz, Dispergierung und Emulgierung durch Ultraschall. **O. 167**, 17
*Rajalakshmi, N., S. R. Sivarajan* u. *R. D. Vold*, Huminsäure, Viskosität der Lösungen des Natriumsalzes von aus Kohle gewonnener. **R. 167**, 87
*Ram, J. S.* u. *P. H. Maurer*, Serumalbumin vom Rind, modifiziertes. 7. **R. 167**, 89
*Ram, J. S.* u. *P. H. Maurer*, Serumalbumin vom Rind, Wechselwirkung mit Antikörpern. **R. 167**, 79
*Ramachandran, L. K.* u. *D. T. Gish*, Protein des Tabakmosaikvirus, Aminosäurensequenz. **R. 167**, 83
*Ramachandran, L. K.* u. *K. Narita*, Protein des Tabakmosaikvirus, Reaktionen. **R. 165**, 192
*Raman, N. K.* u. *J. J. Hermans*, Polyäthylen, Untersuchungen an —-lösungen. **R. 166**, 86
*Rao, S. R.*, Viskosität übersättigter Lösungen von Ionenkristallen. **R. 166**, 169
*Rappaport, F.* u. *M. Rabinovitz*, Elektrophorese, Apparatur. **R. 167**, 94
*Rappaport, F.* u. *M. Rabinovitz*, Hämoglobine A und B, Agar-Agar-Papierelektrophorese der. **R. 167**, 95
*Rassweiler, G. M.* u. *W. L. Grube*, Metalle, innere Spannungen und Ermüdungserscheinungen bei. **B. 167**, 66
*Reed III, T. M.* u. *T. E. Taylor*, Viskositäten in flüssigen Mischungen . **R. 165**, 183
*Rees, E. D.* u. *R. Resner*, Makroglobulin, Dissoziation aus menschlichem Serum. **R. 165**, 189
*Reeves, W. A.* u. a., s. *W. N. Berard*
*Rehage, G.*, Diskussion. **T. 165**, 75, 76, 109, 110, 112, 114, 139, 149
*Reichberger, R.*, Makromolekulare Stoffe, chemische Analyse in wäßrigen Lösungen. **R. 165**, 196
*Reichmann, M. E.*, Kartoffel-X-Virus, Isolierung des nicht-aggregierten — aus Tabak. **R. 165**, 193
*Reichmann, M. E.*, Kartoffel-X-Virus, Lichtstreuungs-Untersuchungen an. **R. 165**, 193
*Reichmann, M. E.*, Lichtstreuung durch Fadenmoleküle. **R. 166**, 68
*Reid, J. D.* u. a., s. *J. G. Frick*, jr.
*Reimer, L.*, Elektronenmikroskopie, Dünnschnitte einer Al-Ag-Legierung. **R. 167**, 154
*Reimer, L.*, Elektronenmikroskopie, Ultramikrotomtechnik bei Untersuchung von Metall-Legierungen. **R. 166**, 92
*Reimer, L.*, Elektronenmikroskopie, Untersuchungs- und Präparationsmethoden. **B. 167**, 66
*Rejnek, J.* u. *F. Skvaril*, Proteine des Plasmas, Isolierung der $\alpha$- und $\beta$-Globulinfraktionen. **R. 167**, 89
*Remsky, H.*, Eiweißkörper, Pathophysiologie der Blutkammerwasserschranke. **R. 165**, 189
*Repp, G.*, Pflanzen, Salztoleranz der. **R. 167**, 72
*Resner, R.*, s. *E. D. Rees*
*Resnick, H., J. R. Carter* u. *G. Kalnitsky*, Ribonuklease, Beziehung zwischen Disulfidbindungen und Aktivität in. **R. 166**, 180
*Resnick, H.*, s. *G. Kalnitsky*
*Reuther, R.*, s. *C. Brehmer*
*Rexroth, E.*, Viskosefasern, Veränderungen durch Einwirkung von Wasser und Wasserdampf. **R. 166**, 189
*Rexroth, E.*, Viskosefasern, Veränderungen durch Wasser bei höheren Temperaturen. **R. 165**, 199
*Rhodes, M. B., N. Bennett* u. *R. E. Feeney*, Eiklar, System Flavoprotein-Apoprotein des. **R. 167**, 90
*Ribeyrolles, P., A. Guyot* u. *H. Benoit*, Polybutadien, physikalisch-chemische Untersuchung der Eigenschaften eines. **R. 167**, 93

*Richard, A. J.* u. *G. Kegeles*, Serumalbumin vom Rind, makromolekulare Abbauprodukte des. **R. 166**, 79
*Richards, A. G.* u. *D. Schneider*, Membranen des Insekten-Bindegewebes, Struktur der. **R. 165**, 188
*Richardson, E.*, Polymerisation von Kieselsäure, Beeinflussung durch organische Verbindungen. **R. 167**, 68
*Riddiford, A. C.*, u. a., s. *J. F. Danielli*
*Rideal, E.*, s. *S. N. Flengas*
*Riese, W. A.*, Dispersionsfarben, Anstrichmängel bei. **R. 165**, 205
*Riggi, A.*, Gießerei, Luftverunreinigung und Entstaubung. **R. 165**, 204
*Rigole, W.*: u. a., s. *A. J. Rutgers*
*Rinehart, D. W.* u. *J. J. Bonino*, Silikatgläser, dielektrische Verluste von. **R. 165**, 202
*Riordan, J. F.* u. *M. Bier*, Trypsin, Einfluß chemischer Veränderungen auf die Reaktion mit Formaldehyd. **R. 167**, 74
*Ritchie, P. D.* u. a., s. *J. Brown*
*Ritschard, W. J.*, Polymerisation von *L*-Glutaminsäure-$\gamma$-benzylester-N-carbonsäureanhydrid. **R. 166**, 170
*Ritscher, T. A.* u. *H.-G. Elias*, Membran, Problem der — bei osmotischen Messungen. **R. 166**, 93
*Roberts, R. B.*, Proteine, Synthese von — und Mikrosomen. **B. 165**, 178
*Robkin, E., M. Meselson* u. *J. Vinograd*, Ultrazentrifugierung, Bestimmung der optischen Dichte innerhalb rotierender Zellen. **R .166**, 186
*Röckemann, W.*, Flüssigkeiten, Registrierung der Stromstärke ausfließender. **R. 166**, 92
*Roff, W. J.*, Zellulose, Aufnahme von Formaldehyd aus wäßrigen Lösungen durch. **R. 167**, 158
*Rohleder, H.*, Diskussion. **T. 165**, 55
*Rolley, R. W.* u. *S. H. Merrill*, Ribonukleinsäure, Untersuchung der aktiven. **R. 167**, 83
*Römer, H.* u. *C. v. Fragstein*, Elektronenmikroskopie, Methode zur Vergrößerungsbestimmung. **R. 166**, 185
*Ronwin, E.*, Aktives Zentrum in Thrombin und Trypsin. **R. 167**, 88
*Rosen, B.*, Sorptionsuntersuchungen, registrierende Apparatur für kinetische. **R. 166**, 92
*Rosen, L. J.* u. a., s. *F. Brown*
*Rosenkranz, H. S.* u. *Bendich*, Desoxyribonukleinsäure, Sedimentationsuntersuchungen an Fraktionen von. **R. 167**, 83
*Ross, H. J.* u. a., s. *W. A. S. White*
*Ross, T. R.* u. *S. J. Buckman*, Wasserfarbenanstriche, Veränderung durch Bakterien. **R. 157**, 96
*Rossi-Fanelli, A.* u. *E. Antonini*, Deuterohämoglobin vom Menschen, Sauerstoffgleichgewicht an regeneriertem. 2. **R. 167**, 79
*Rossi-Fanelli, A.* u. *E. Antionini*, Protohämoglobin vom Menschen, Sauerstoffgleichgewicht an regeneriertem. 1. **R. 167**, 79
*Rötger, H.*, Diskussion. **T. 165**, 75
*Roever, W.*, Grenzflächenaktive Stoffe, Wirkung bei der Zinkstaubzementation. **R. 165**, 204
*Rowland, R. A., E. J. Weiss* u. *D. R. Lewis*, Röntgenapparat für Pulveraufnahmen bei Erhitzung. **R. 165**, 195
*Rummeni, G.*, Redoxpotentiale in Gewebeaufschlämmungen der Kartoffelknolle. **R. 167**, 72
*Rümmler, G.*, s. *J. Stauff*
*Runeckles, V. C.* u. *G. Krotkov*, Papier-Ionophorese und Papierchromatographie, modifiziertes Verfahren der. **R. 166**, 93
*Ruoff, A. L., D. L. Prince* u. a., Diffusion, Analogie der — zum Fließen von Lösungsmittel in Papier. **O. 166**, 144
*Rushton, J. H.*, Mischen. **R. 165**, 196
*Rutgers, A. J., M. de Smet* u. *W. Rigole*, Strömungsströme in nichtwäßrigen Lösungen. **R. 167**, 153
*Ryan, M.* u. a., s. *L. Varga*
*Rybnikár, F.*, Polymere, Messung der Übergangstemperaturen in. **R. 167**, 94

*Sable, H. Z.*, s. *E. M. Wright*
*Sagel, K.*, Röntgen-Emissions- und Absorptions-Analyse. **B. 167**, 66
*Saini, G.* u. a., s. *L. Trossarelli*
*Saito, S.* u. *H. Hirata*, Polymere, Untersuchung der Adsorptionskomplexe von — mit grenzflächenaktiven Substanzen. **O. 165**, 162
*Saito, T.*, s. *J. Noguchi*
*Sakoonkim, C.* u. a., s. *P. R. Saunders*
*Sakurada, I., A. Nakajima* u. *H. Aoki*, Polymere, Phasengleichgewicht in ternären Systemen unter Beteiligung von. **R. 166**, 66
*Sakurada, I., A. Nakajima* u. *H. Fujiwara*, Polyvinylalkohol, Dampfdruck im System mit Wasser. **R. 166**, 86
*Sakurada, I.* u. *K. Nambu*, Polymerisation von Vinylchlorid im Harnstoffkomplex. **R. 166**, 72
*Sakurada, I.* u. a., s. *A. Nakajima*
*Salimov, M. A.* u. a., s. *A. F. Postovskaya*
*Salzman, N. P.*, Zellkulturen, Änderungen der Zellproteine und Nukleinsäuren während des Wachstums von. **R. 166**, 174
*Sanders, B. E.* u. a., s. *D. S. Spičer*
*Sansoni, B.*, Farbreagenzpapiere aus Ionenaustauschermembranen. **R. 167**, 95
*Sasaki, T.* u. *K. Osaka*, Kolloide, Bildung in wäßriger Kobaltsalz-Lösung. **R. 166**, 178
*Sastry, B. S. R.* u. *F. A. Hummel*, Systeme mit $Li_2O$, 3. **R. 165**, 186
*Sauer, E.*, Leime und Gelatine, Chemie und Fabrikation. **B. 166**, 63
*Sauerwald, F.*, Festkörper, Schlagsinterversuche an synthetischen. **R. 165**, 204
*Sauerwald, F.* u. a., s. *H. R. Hähnel*
*Saunders, P. R.* u. *J. D. Ferry*, Poly-n-dokosylmethacrylat, dynamisch-mechanische Eigenschaften von. **R. 166**, 88
*Saunders, P. R., D. M. Stern* u. a., Poly-n-butylmethacrylat, dynamisch-chemische Eigenschaften von. **R. 166**, 88
*Saunders, P. R.* u. a., s. *J. W. Berge*
*Scardi, V.* u. *V. Bonavita*, Papierelektrophorese, Probleme der Anfärbung von Serumproteinen bei der **R. 166**, 185
*Schachman, H. K.*, Ultrazentrifugierung in der Biochemie. **B. 166**, 64
*Schachman, H. K.* u. a., s. *M. F. Gellert*
*Schacht, W.*, s. *P. G. Seeger*
*Schäfer, A.*, Rekristallisation von Kupfer. **R. 165**, 204
*Schapira, G.* u. a., s. *L. Marcaud-Raeber*
*Scheele, W., G. Mau* u. *G. Kemme*, Füllstoffe, Einfluß von — auf Vulkanisationsreaktionen. **R. 167**, 157
*Scheffer, F., W. Ziechmann* u. *H. Schlüter*, Huminsäuren, präparative Trennung in der Ultrazentrifuge. **R. 166**, 85
*Scheibe, G.* u. *V. Zanker*, Metachromasie, physikochemische Grundlagen der. **R. 166**, 74
*Scheiffarth, F.*, s. *H. Götz*
*Scheler, W.*, Hämoglobine, Komplexaffinität der. **R. 166**, 80
*Scheludko, A.* u. *D. Exerowa*, Schaumfilme, elektrostatischer Druck in — aus wäßrigen Elektrolytlösungen. **O. 165**, 148
*Schenck, H.-J.*, s. *I. Arendt*
*Schenck, G. O.*, s. *A. Schönberg*
*Scheraga, H. A.*, s. *S. Ehrenpreis*
*Scheraga, H. A.* u. a., s. *L. Gruen*

*Scheufele, W. F.* u. *N. G. Tompkins*, Dispersionsfarben aus Vinylacetatcopolymeren, Bildung. **R. 167**, 96
*Schiffman, G., C. Howe* u. *E. A. Kabat*, Blutgruppensubstanzen, Enzymeinfluß auf. **R. 165**, 189
*Schiffman, G.* u. a., s. *C. Howe*
*Schiller, H.*, s. *R. Havemann*
*Schiller, H.* u. a., s. *R. Havemann*
*Schilling, K.* u. *H. Waldmann-Meyer*, Proteine, Bestimmung der Beweglichkeit der freien — durch Papierelektrophorese. 2. **R. 166**, 80
*Schilling, K.*, s. *H. Waldmann-Meyer*
*Schiwall, R. P.*, s. *R. Steele*
*Schley, A.* u. *F. Schülde*, Hostalen PPH. **R. 166**, 187
*Schlögl, K.*, Papierchromatographie, neue Farbreaktion zum Nachweis organischer Säuren bei der. **R. 167**, 155
*Schlüter, H.* u. a., s. *F. Scheffer*
*Schmidt, H., G. Jura* u. *J. H. Hildebrand*, System $CCl_4$-Perfluormethylcyclohexan. **R. 166**, 89
*Schmidt, R.* u. *H. Voss*, Glaserzeugung, Rohstoffe der. **B. 166**, 63
*Schmidtberger, R.* u. a., s. *M. Schönenberger*
*Schnabel, W.* s. *A. Henglein*
*Schnappauf, H.*, s. *W. Boguth*
*Schneider, A. K.*, s. *H. K. Hall*, jr.
*Schneider, C.*, s. *A. Henglein*
*Schneider, D.*, s. *A. G. Richards*
*Schneider, R.*, s. *N. Iwanow*
*Schneider, S. J.*, Tonerde-Zemente, Einfluß von Hitzebehandlung auf die Konstitution von. **R. 166**, 191
*Schnell, H.*, Polycarbonate. **R. 166**, 170
*Scholze, H.*, Glas, Einfluß des Wassergehaltes auf das UR-Spektrum von. **R. 166**, 191
*Schönberg, A.* u. *G. O. Schenck*, Photochemie, präparative organische. **B. 165**, 172
*Schönenberger, H., H. Thies* u. *K. Borah*, Amingemische, Trennung durch Gegenstromverteilung. **R. 166**, 95
*Schönenberger, M., R. Schmidtberger* u. *H. E. Schultze*, $\alpha_2$-Makroglobuline **R. 165**, 191
*Schönfeldt, N.*, Oberflächenaktive Anlagerungsprodukte des Äthylenoxyds. **B. 166**, 65
*Schrader, A.*, Keramische Massen, optimale Trocknungsbedingungen für. **R. 167**, 159
*Schramm, G.*, Nukleinsäure, Bedeutung für die Virus-Vermehrung. **R. 166**, 173
*Schramm, G.* u. *P. D. Aines*, Ureaseaktivität in Sojabohnenmehl. **R. 165**, 196
*Schreiner, H.*, Sinterbronze mit hoher Festigkeit und Dehnung. **R. 165**, 204
*Schroeder, W. A.* u. a., s. *R. T. Jones*
*Schroeder, W. A.* u. a., s. *J. R. Vinograd*
*Schrohenloher, R. E., J. D. Ogle* u. *M. A. Logan*, Kollagen, Tripeptide aus. **R. 166**, 84
*Schükerk, W.*, s. *H. v. Witsch*
*Schülde, F.*, s. *A. Schley*
*Schultze, H. E.* u. a., s. *M. Schönenberger*
*Schulz, G. V.* u. *H. Craubner*, Makromolekeln, thermodynamische Eigenschaften und Moleküldimensionen von. **R. 166**, 168
*Schulz, G. V.* u. *A. Horbach*, Polycarbonate in Lösung, physikalische Konstanten von. **R. 166**, 90
*Schulz, G. V.* u. *Wo. K. Kuhn*, Osmometer, Kinetik des Einstellvorganges im. **R. 166**, 165
*Schulz, G. V.* u. a., s. *C. Henrici-Olivé*
*Schulz, K. F.* u. a., s. *M. Zebec*
*Schulz, R. C., H. Cherdron* u. *W. Kern*, Polymere Acroleine, UR-Spektren von. **R. 166**, 85
*Schulz, R. C., E. Müller* u. *W. Kern*, Polymere Acroleine, Molekulargewicht. **R. 166**, 90
*Schulze, K. J.*, s. *E. Brüche*
*Schumaker, V. N.*, Desoxyribonukleinsäure aus Kälberthymus, physikalisch-chemische Untersuchung der, **R. 166**, 80
*Schurz, J.*, s. *W. Skoda*
*Schuur, G.*, Hochpolymere, Kristallisation von. **O. 165**, 37
*Schwan, H. P.*, s. *H. Pauly*
*Schwartz, A. M., J. W. Perry* u. *J. Berch*, Grenzflächenaktive Substanzen und Reinigungsmittel. **B. 167**, 149
*Schwartz, E. T.* u. a., s. *K. Hofmann*
*Schwartze, W.*, Elektronenmikroskopische Zielpräparation, Einrichtung zur. **R. 166**, 92
*Schwarz, G.*, Polyelektrolyte, Dispersion des Orientierungsfeldeffektes von. **R. 166**, 168
*Schwarz, R.*, Aus Justus *Liebigs* und Friedrich *Wöhlers* Briefwechsel in den Jahren 1829–1873. **B. 166**, 64
*Schwarzl, F.*, Diskussion. **T. 165**, 52, 54, 94, 95, 96, 107, 108, 110, 112.
*Schwarzl, F.*, Relaxationserscheinungen, molekulare Theorie der linearen und nichtlinearen. **O. 165**, 88
*Schweigert, B. S.* u. a., s. *C. Bernofsky*
*Scott, J. D.* u. a., s. *B. S. Garrett*
*Seaman, G. R.*, Enzym aus Hefe, Reinigung eines. **R. 166**, 174
*Seaman, G. V. F.* u. a., s. *A. D. Bangham*
*Sears, G. W.*, Kernbildung, zweidimensionale — in nichtkohärenten Schichten. **R. 167**, 68
*Sedláček, B.*, Trypsin, Wechselwirkung mit wärmedenaturiertem Albumin. **R. 167**, 90
*Sedláček, B.*, s. *P. Bartl*
*Sedláček, B.*, s. *Š. Štokrová*
*Seeberger, E.*, s. *P. Kluckow*
*Seeger, P. G.* u. *W. Schacht, Ehrlich*sches Ascitescarcinom der Maus, Untersuchungen des. **R. 167**, 72
*Seener, U.*, s. *E. Steger*
*Seidel, B.*, s. *H. Zahn*
*Seifert, H.*, Quarzoberflächen, Aufwachsung von Oligopeptiden auf. **R. 167**, 70
*Selby, S. L.* u. a., s. *C. D. Hodgman*
*Semjonow, V.* u. a., s. *H.-H. Hellwege*
*Senti, F. R.* u. a., s. *S. Levine*
*Sergejewa, A. S.*, Zellulose, Chemie des Holzes und der. **B. 167**, 63
*Shafrir, E.*, s. *D. S. Goodman*
*Shainoff, J. R.* u. a., s. *S. J. Singer*
*Shams el Din, A. M.* u. a., s. *S. E. Khalafalla*
*Sharpe, A. G.*, s. *H. J. Emeleus*
*Shartsis, L., H. F. Shermer* u. *A. B. Bestul*, Oberflächenspannung von Erdalkaliboraten. **R. 166**, 176
*Shavit, N., R. G. Wolfe* u. *R. A. Alberty*, Fumarase, Elektrophorese und Titration der. **R. 165**, 188
*Shearer, J. L.*, Zähe Medien, Analogiestudie des Durchflusses von. **R. 166**, 190
*Sheldon, R. P.*, s. *W. R. Moore*
*Shell, R. H.* u. a., s. *N. G. Anderson*
*Shelton, J. R.* u. *L.-H. Lee*, Polybutadien, Struktur von cyclisiertem. **R. 165**, 198
*Sherman, P.*, Emulsionen, Einfluß von Emulgatorkonzentration auf die Viskosität von. **O. 165**, 156
*Shermer, H. F.* u. a., s. *L. Shartsis*
*Shields, H.* u. *W. Gordy*, Aminosäuren, Strahlenschädigung. **R. 166**, 167
*Shimanouchi, T.* u. a., s. *M. Tsuboi*
*Shimozawa, R.* u. a., s. *R. Matuura*
*Shin, M.* u. a., s. *B. Hagihara*
*Shishido, S.* u. *Y. Ito*, Flüssigkeiten. 4. Spinnfähigkeit beim Abtropfen. 5. Spinnfähigkeit und Strukturviskosität. **R. 167**, 93
*Shreve, O. D.* u. a., s. *T. R. Harkins*
*Shultz, A. R.*, Polyacrylate und Polymethacrylate, Einflüsse energiereicher Strahlung auf. **R. 166**, 87
*Siegel, G., H. Mönig* u. *G. Pfenningsdorf*, Cystein, Einfluß auf beschallte Methylenblaulösungen. **R. 166**, 168
*Siegfried, K. J.* u. a., s. *L. H. Brown*
*Silas, R. S., J. Yates* u. *V. Thornton*, Polybutadiene,

Bestimmung der Verteilung der ungesättigten Gruppen. **R. 166**, 94
*Simionescu, C.* u. *E. Poppel*, Papier, Bestimmung des Leimungsgrades. **R. 167**, 94
*Simmens, S. C.*, s. *J. E. Ford*
*Sinex, F. M., D. D. van Slyke* u. *D. R. Christman*, Kollagen, Ursprung des Hydroxylysins von. **R. 167**, 79
*Singer, L.* u. *W. D. Armstrong*, Serum, Fluoridbestimmung im. **R. 166**, 95
*Singer, S. J., J. E. Fothergill* u. *J. R. Shainoff*, Antikörper, Isolierung von Anti-Protein-—. **R. 167**, 80
*Sirk, H.*, Mathematik für Naturwissenschaftler und Chemiker. **B. 165**, 174
*Sirk, H.*, Vektorrechnung, Einführung für Naturwissenschaftler und Chemiker. **B. 165**, 174
*Sitte, P.*, Zellwände von Kork, Mischkörperdoppelbrechung der. **R. 167**, 72
*Sivarajan, S. R.* u. a., s. *N. Rajalakshmi*
*Skoda, W.* u. *J. Schurz*, Polymethacrylnitril, Spektren und Hitzeverfärbung von. **R. 166**, 85
*Skoda, W., J. Schurz* u. *H. Bayzer*, Polyacrylnitril, Pyrolyse von. **R. 166**, 87
*Skou, J. C.*, Enzym, Beeinflussung der Aktivität eines oberflächengespreiteten. **R. 166**, 181
*Skulikidis, T.* u. *F. Dellios*, Adsorption der Molekularkolloide von festen Stoffen, Beitrag zum Mechanismus der. 1. Sorption von Methylenblau an Tierkohle. **O. 167**, 25
*Skvaril, F.*, s. *J. Rejnek*
*Slater, D.*, s. *D. L. Munden*
*Slater, E. C.* u. a., s. *W. B. Elliott*
*Slichter, W. P.*, Polyamide, Molekelbewegung in. **R. 166**, 87
*Smets, G.* u. *P. Flore*, Polyäthyl-α-Chloracrylat, Laktonisierung von. **R. 166**, 171
*Smith, E. L.* u. a., s. *B. G. Malmström*
*Smith, E. N.* u. a., s. *D. R. Kominz*
*Smith, E. V. C.* u. a., s. *D. S. Spicer*
*Smith, H. A.* u. a., s. *R. K. Burkhard*
*Smyth, H. T.*, Glas, elastische Eigenschaften von. **R. 167**, 159
*Sober, H. A.* u. a., s. *F. J. Gutter*
*Sobotka, H., M. Demeny* u. *M. Arnaki*, Filme, multimolekulare von Trijodstearinsäure. **R. 167**, 153
*Sohma, J.*, Polyelektrolyte, Ultraschallgeschwindigkeit und adiabatische Kompressibilität in Lösungen von. **R. 166**, 87
*Sommar, H. G.*, DARVAN, Färben von. **R. 165**, 201
*Sommer, W.*, Polyvinylchlorid, elastisches Verhalten von — bei statischer und dynamischer Beanspruchung. **O. 167**, 97
*Sommer, W.*, s. *H. Gnamm*
*Sörbo, B.*, s. *B. Holmberg*
*Sorm, F.*, s. *B. Keil*
*Sparnaay, M. J.*, Kolloide, Wechselwirkung zwischen 2 zylinderförmigen. **R. 167**, 76
*Spicer, D. S., L. I. Priester* u. a., Properdin, Isolierung. **R. 167**, 80
*Spiegler, G.* u. a., s. *B. E. Keane*
*Spinnler, H.* u. a., s. *F. Kaiser*
*Spoor, H.*, s. *K. Ziegler*
*Spühler, G.* u. a., s. *K. Hofmann*
*Spurr, R. A.*, s. *E. H. Erath*
*Sreenivasan, A.*, s. *A. G. Mulgaonkar*
*Staab, H. A.*, Chemie, Einführung in die theoretische organische. **B. 166**, 57
*Stadelmaier, H. H.* u. *L. J. Hütter*, Keimbildung in binären Systemen mit Mischungslücke. **R. 165**, 183
*Staehelin, M.*, Nukleinsäure aus Viren, Inaktivierung von. **R. 166**, 84
*Stauff, J.* u. *G. Rümmler*, Volumen, Methode zur Bestimmung des partiellen spezifischen — in kleinen Flüssigkeitsmengen. **O. 166**, 152
*Steel, A. E.*, Makroglobuline, physikalisch-chemische Untersuchungen an vier. **R. 166**, 180
*Steel, A. E.*, Makroglobuline, Viskosität der Lösungen von — und Euglobulinen. **R. 167**, 90
*Steele, R.* u. *R. P. Schiwall*, Zellulose, Dichteänderungen bei mit Harnstoff-Formaldehyd behandelter. **R. 165**, 198
*Steffens, H.* u. a., s. *H. R. Hähnel*
*Stegemann, H.*, Aminosäuren, Trennung an Austauschersäule. **R. 166**, 95
*Steger, E.* u. *U. Seener*, Papierchromatographie der Thiophosphate. **R. 166**, 95
*Steidl, H.*, Rühren, zur Kenntnis des. 4. **R. 167**, 68
*Stein, H. H.* u. *J. Guarnaccio*, Keratin, UR-Untersuchung von. **R. 166**, 181
*Stein, R. S.*, Polyäthylen, Orientierung von. **R. 167**, 96
*Steiner, R. F.* u. *R. F. Beers*, Polynukleotide, Wechselwirkung von Polyriboadenyl- und Polyribouridylsäure. **R. 167**, 90
*Steiner, R. F.* u. *R. F. Beers*, Polynukleotide, Wechselwirkungen zwischen synthetischen und Farbstoffen. **R. 167**, 92
*Steiner, R. F.* u. *R. F. Beers*, jr. Polyriboadenylsäure, Beeinflussung der Struktur von. **R. 166**, 84
*Steinlesberger, E.*, Plasmolyse von Laubmoosen. **R. 167**, 72
*Sten-Knudsen, O.*, s. *D. F. Cheesman*
*Sterba, G.* u. *H. Franke*, Membran, Struktur der Cortical-— der Knochenfischeier. **R. 166**, 74
*Stern, D. M.* u. a., s. *P. R. Saunders*
*Stevenson, A. F.* u. *H. L. Bhatnagar*. Makromolekeln, Anisotropieeinfluß auf die Lichtstreuung von. **R. 165**, 182
*Stewart, G. H.* u. a., s. *A. L. Ruoff*
*Stieve, H.*, Retina des Einsiedlerkrebses, Bedeutung von Alkaliionen für das Belichtungspotential der. **R. 167**, 152
*Stöber, W.*, s. *G. Bauer*
*Stockinger, L.*, Metachromasie, Fluoreszenz-—. **R. 166**, 74
*Štokrová, Š.* u. *B. Sedláček*, Serumalbumin vom Menschen, Verhalten in sauren Lösungen. **R. 167**, 90
*Storey, B. T.* u. *E. W. Merrill*, Amylopektin, Rheologie wäßriger Lösungen von Amylose und. **R. 167**, 86
*Stotz, E.* u. a., s. *G. V. Marinetti*
*Stracher, A.* u. *R. R. Becker*, Polyvalylproteine. **R. 165**, 195
*Stranski, I. N.* u. a., s. *W. Friemel*
*Straub, W.* u. *G. Krause*, Cystein im Strahlenschutz. **R. 165**, 189
*Straus, S.* u. a., s. *R. R. Stromberg*
*Strauss, U. P.*, Polyelektrolytmolekeln, Potential in Lösungen einfacher Elektrolyte. **R. 165**, 179
*Strehlow, H.*, s. *H. Brodowsky*
*Strohmaier, K.* u. *M. Mussgay*, Virus der Maul- und Klauenseuche, Sedimentationskonstante des infektiösen Prinzips des. **R. 166**, 80
*Stromberg, R. R., S. Straus* u. *B. G. Achhammer*, Polyvinylchlorid, thermische Zersetzung von. **R. 166**, 171
*Strugger, S.* u. *H. Lindner*, Cytoplasma, Feinstruktur des — von Wurzelzellen. **R. 167**, 72
*Stuart, H. A.*, Diskussion. **T. 165**, 53, 56, 81
*Stuart, H. A.*, Hochpolymere, Kristallisationsbedingungen und morphologische Strukturen von. **O. 165**, 3
*Stuart, H. A.* u. a., s. *R. Eppe*
*Sugano, H.*, α- und β-Lipovitellin, Untersuchung der Eigenschaften von. **R. 166**, 181
*Suito, S.* u. a., s. *K. Tymura*
*Sulejmanova, Z. I.* u. *V. A. Kargin*, Zellulose-Fasern, mechanische Eigenschaften von. **R. 165**, 200

*Sullivan, W. F.* u. *S. S. Cole*, Titanoxyd, Thermochemie des kolloiden. **R. 165**, 186
*Suryanarayana, C. V.* u. *V. K. Venkatesan*, Viskosität konzentrierter wäßriger Natriumchloridlösungen. **R. 165**, 184
*Suutarinen, P.*, s. *J. Erkama*
*Suzuki, S.*, Elektronenmikroskopische Beobachtungen an $Fe(OH)_3^-$ und $Al(OH)_3$. **O. 165**, 168
*Suzuki, S.*, Rauche von Metallhaliden, Untersuchungen über Hydratation von — mit Elektronenbeugung. **O. 167**, 23
*Svensson, H.*, Dichtegradientenelektrophorese, Gradientenmischeinrichtung zur. **R. 165**, 180
*Swann, M. H., M. L. Adams* u. *G. G. Esposito*, Schutzüberzüge. **R. 166**, 94
*Symons, M. C. R.* u. a., s. *C. H. Bamford*
*Szent-Gyorgyi, A.*, Biologische Systeme, Energieübertragung in. **R. 165**, 187

*Tachibana, T., K. Inokuchi* u. *T. Inokuchi*, Hochpolymere, Gelbildung bei — an der Grenzfläche Luft Wasser. **O. 167**, 141
*Tachibana, T.* u. *E. Yoshida*, Seidenfibroin, Monoschichten lösliche von. **R. 166**, 182
*Tagawa, K.* u. a., s. *B. Hagihara*
*Takahashi, H.*, Halloysit, Einfluß von Trockenvermahlung auf. **R. 166**, 67
*Takahashi, H.*, Kaolinit, Einfluß von Trockenvermahlung auf. **R. 166**, 67
*Takahashi, H.*, Kaolin-Minerale, Naßvermahlung von. **R. 166**, 191
*Takahashi, H.*, Talk, Einfluß von Trockenvermahlung auf. **R. 166**, 191
*Takahashi, W. N.*, s. *A. D. McLaren*
*Takashima, S.* u. *R. Lumry*, Hämoglobin vom Pferd, dielektrische Dispersion in Lösungen von — in Deuteriumoxyd. **R. 167**, 88
*Takiyama, K.*, Keimbildung bei Bariumsulfatniederschlag. **R. 166**, 169
*Talen, H. W.* u. *P. F. Hover*, Dispersionsanstriche, Filmbildung von. **R. 165**, 205
*Tamm, K.*, s. *H. J. Naake*
*Tamura, K., K. Tarama* u. *A. Suito*, Sol von Gold, katalytische Zersetzung von $H_2O_2$ durch **R. 166**, 67
*Tan, B. H.* u. a., s. *I. M. Kolthoff*
*Tanaka, S., H. Hatano* u. *S. Ganno*, Urease, Einflüsse von $\gamma$-Strahlung auf. **R. 166**, 172
*Tang, H.* u. a., s. *H. ven Jorst*
*Tanner, C. E.*, s. *M. Kaminskj*
*Tarama, K.* u. a., s. *K. Tamura*
*Tartar, H. V.*, Mizellen von Salzen, Molekulargewicht. **R. 166**, 76
*Taylor, A. W.*, Tone, Ionenkonzentration auf der Oberfläche von. **R. 166**, 192
*Taylor, T. E.*, s. *T. M. Reed* III
*Temple, K.* u. a., s. *G. V. Marinetti*
*Ternow, A.*, s. *F. Wolf*
*Terry, D. E.* u. a., s. *M. Babcock*
*Tesoro, G. C.*, s. *E. I. Valko*
*Tewari, K. S.*, $\alpha$-Nitroso-$\beta$-Naphthol, Bestimmung der Dissoziationskonstante des — in wäßrigen Lösungen. **R. 167**, 151
*Thies, H.* u. a., s. *H. Schönenberger*
*Thilo, E.*, Phosphate, kondensierte. **R. 167**, 69
*Thomas, H. C.*, s. *L. Meites*
*Thomas, P. H.*, Feuerlöschschaum, Wärmeabsorption. **R. 166**, 76
*Thompson, A. B.*, Polyäthylenterephthalate, spannungsinduzierte Kristallisation in. **R. 167**, 92
*Thompson, T. A.* u. a., s. *K. Hofmann*
*Thornton, V.* u. a., s. *R. S. Silas*
*Thürkauf, M.* u. a., s. *M. Gribi*
*Thurn, H.*, Diskussion. **T. 165**, 76, 77, 87, 139, 140
*Thurn, H.*, Hochpolymere, Beeinflussung des dielektrischen und mechanischen Relaxationsverhaltens von. **O. 165**, 57
*Timm, T.*, s. *J. Kruse*
*Tobolsky, A. V., A. Eisenberg* u. *K. F. O'Driscoll*, Copolymer aus Styrol und Methylacrylat, spektrophotometrische Bestimmung. **R. 165**, 197
*Tomimatsu, Y., J. J. Bartulovich* u. *W. H. Ward*, Keratin aus Wolle, mittels Acrylnitril stabilisierte Derivate von. **R. 167**, 157
*Tomlin, S. S.*, s. *L. G. Ericson*
*Tompkins, N. G.*, s. *W. F. Scheufele*
*Toennies, P.*, s. *E. P. Greene*
*Toole, J.* u. a., s. *J. C. Bevington*
*Topchiev, A. V., B. A. Krentsel* u. a., Poly-$\alpha$-olefine, Katalysatoren bei der Darstellung kristalliner. **R. 167**, 69
*Toropow, N. A.*, s. *K. S. Jewtropjew*
*Towns, M. G.* u. a., s. *C. H. Bamford*
*Toy, M. S.* u. a. ,s. *M. L. Wolfrom*
*Toy, W.* u. a., s. *D. B. Fordyce*
*Tretner, W.*, Elektronenlinsen, Existenzbereiche rotationssymmetrischer. **R. 166**, 165
*Troschin, A. S.*, Zellpermeabilität, Problem der. **B. 166**, 60
*Trossarelli, L., E. Campi* u. *G. Saini*, Polystyrol, Lichtstreuung von isotaktischem. **R. 166**, 87
*Trossarelli, L.* u. a., s. *J. C. Bevington*
*Tryon, M.* u. *F. J. Linnig*, Kautschuk, natürlicher und synthetischer. **R. 166**, 94
*Tschoegel, N. W.*, Monomolekulare Schichten, Elastizitätsmodule in. **R. 165**, 190
*Tsuboi, M., T. Shimanouchi* u. *S.-I. Mizushima*, Polypeptidkette, Konfiguration. **R. 165**, 179
*Tsuda, Y.*, Zellulose, Lösungswärme methanolisierter. **R. 166**, 181
*Tsushima, K.*, s. *T. Okazaki*
*Tsutsumi, S.*, s. *W. Kawai*
*Tung, L. H.* u. *S. Buckser*, Polyäthylen, Molekulargewichtseinfluß auf die Kristallinität von. **R. 166**, 90
*Turnbull, J. H.*, s. *W. Lee*
*Turuizumi, A.*, Aktivkohlen, poröse Struktur. 4. **R. 166**, 76
*Tutorskiĭ, I. A.* u. a., s. *B. A. Dogadkin*

*Ueberreiter, K.* u. *T. Götze*. Polyäthylenterephthalat, Fraktionierung von. **R. 166**, 90
*Uehleke, H.*, Proteine, Herstellung fluoreszenz-markierter. **R. 165**, 192
*Uhing, E. H.*, s. *L. L. McKinney*
*Uhlich, H.* u. *W. Jost*, Physikalische Chemie, kurzes Lehrbuch der. **B. 167**, 63
*Uhlig, H. H.*, Passivität, Adsorptionstheorie. **R. 165**, 205
*Ullrich, J.*, Tropfen, Erzeugung kleinster. **R. 166**, 168
*Ulmer, W.* u. a., s. *A. Bruck*
*Urban, G.*, Brechzahländerungsmessungen mit Spiegelsystemen. **R. 165**, 178

*Valko, E. I.* u. *G. C. Tesoro*, Polyamin-Harze für die Ausrüstung hydrophober Fasern. **R. 165**, 201
*Valko, L.*, Diffusion, Lösung der Differentialgleichung eines —-vorganges. **R. 165**, 178
*van Beek, L. K. H.*, Gummi arabicum, Reinigung und Viskositätsmessungen. **R. 167**, 86
*Vänngård, T.* u. a., s. *R. C. Bray*
*van Slyke, D. D.* u. a., s. *F. M. Sinex*
*van Vunakis, H.* u. a., s. *R. K. Brown*
*van Wazer, J. R.* s. *S. Ohashi*
*Varga, L., A. Pietruszkiewicz* u. *M. Ryan*, Hyaluronsäure, Einfluß der Ionenstärke auf die physikalischen Eigenschaften von. **R. 166**, 182
*Vaughan, M. F.*, Membranen für osmotische Messungen aus Zelluloseacetat. **R. 166**, 185

*Veatch, R.*, s. *G. Fels*
*Veliký, I.* u. *A. Kossaczka*, Eiweiß aus Federn, hydrolytische Spaltung. **R. 165**, 193
*ven Horst, H., H. Tang* u. *V. Jurkovich*, Chromatogramme von Aminosäuren, UV-Densitometrie der. **R. 166**, 95
*Venkatesan, V. K.*, s. *C. V. Suryanarayana*
*Villiger, W.* u. a., s. *M. Gribi*
*Vinograd, J.* u. a., s. *E. Robkin*
*Vinograd, J. R., W. D. Hutchinson* u. *W. A. Schroeder*, Hämoglobin S vom Menschen, Seitenkette von. **R. 167**, 88
*Vinograd, J. R.*, u. a. s. *R. T. Jones*
*Visapää, A.*, s. *O. Ant-Wuorinen*
*Viswanathan, G. S.* u. a., s. *T. Radhakrishnan*
*Viswanathan, G. S.* u. a., s. *H. Wakeham*
*Vodrázka, Z.*, Serumalbumin, Wechselwirkung mit Zinkionen. **R. 167**, 90
*Voigt, R.*, Mutterkornalkaloide, zur Kenntnis der. **R. 167**, 72
*Vold, M. V.*, Sedimentvolumen, numerische Behandlung des. **R. 166**, 66
*Vold, R. D.* u. a., s. *N. Rajalakshmi*
*Vollmert, B.*, Knäuelmolekeln, Sedimentation. **R. 165**, 182
*Volpe, M. L., R. M. Fulrath* u. a., Glas-Metall-Bindung, 4. **R. 165**, 202
*Voss, H.*, s. *R. Schmidt*

*Wachtman*, jr., *J. B.* u. *D. G. Lam*, jr., Feuerfeste Stoffe, *Young*scher Modul von. **R. 166**, 168
*Wada, A.*, Polypeptidlösungen, dielektrische Eigenschaften, 2. u. 3. **R. 165**, 180
*Wadelin, C, W.*, s. *R. A. Hively*
*Wakeham, H., T. Radhakrishnan* u. *G. S. Viswanathan*, Baumwolle, Deutung der Röntgendiagramme von. **R. 166**, 189
*Wakeham, H.* u. a., s. *T. Radhakrishnan*
*Waldmann-Meyer, H.* u. *K. Schilling*, Proteine, Bestimmung der elektrophoretischen Beweglichkeit der freien — durch Papierelektrophorese. 2. **R. 166**, 81
*Waldmann-Meyer, H.*, s. *K. Schilling*
*Wall, R.* u. a., s. *L. E. Nielsen*
*Walter, H.*, Streulichtintensität großer sphärischer Partikel. 2. **R. 167**, 66
*Wang, R. H.* u. *J. G. Knudsen*, Emulsionen, Wärmeleitfähigkeit von. **R. 165**, 190
*Ward, W. H.* u. a., s. *Y. Tomimatsu*
*Warlu, D. V.*, s. *P. M. Krishna*
*Warner, R. C.*, s. *S. Beychok*
*Warson, H.*, s. *R. J. Parsons*
*Warwicker, J. O.*, Zellulose, Röntgen-Untersuchung des Abseifens angefärbter. **R. 167**, 158
*Watanabe, A.*, Polymerisation von Styrol durch Cyaninfarbstoffe. **R. 167**, 70
*Watson, D. D.* u. a., s. *L. H. Brown*
*Weast, R. C.* u. a., s. *C. D. Hodgman*
*Weber, H. H.*, Viskositätsmessungen am System Pigment/Bindemittel. **R. 165**, 205
*Weber, J.*, Polarographie, polarographische Momentanströme. **R. 167**, 68
*Weber, J.*, Polarographie, Theorie des Stromes bei der Regenerierung des Depolarisators. **R. 167**, 68
*Wegener, W.*, Perlon-Monofil-Fäden, Drehungsbestimmung an. **R. 165**. 200; **166**, 186
*Wegmann, L.* u. a., s. *M. Gribi*
*Weidinger, A.* u. a., s. *P. H. Hermans*
*Weise, C. H.* u. a., s. *D. L. Kantro*
*Weiss, E. J.* u. a., s. *R. A. Rowland*
*Weiss, L.*, Adhäsion, Untersuchung der zellulären. **R. 167**, 73
*Weiss, P., J. F. Gerecht* u. *I. J. Krems*, Copolymere von Polystyrol mit Maleinsäuredimethylester oder Allylacetat. **R. 166**, 171
*Weitsch, W.*, s. *H. Mahl*
*Weneck, E. J.* u. a., s. *J. B. Bateman*
*Weßlau, H.*, Polyolefine, Lösungsviskositätsmessungen bei handelsüblichen. **R. 167**, 154
*West, R. R.* u. *W. G. Lawrence*, Tone, plastisches Verhalten einiger keramischer. **R. 166**, 192
*Westmeyer, H.*, s. *M. v. Ardenne*
*Whalley, E.*, Zwischenmolekulare Kräfte, Nullpunktsenergie. **R. 165**, 180
*Wheatley, K.*, Tridymit, Oberfläche. **R. 165**, 185
*Wheatley, K.*, s. *M. S. Paterson*
*Whiffen, D. H.* u. a., s. *N. M. Atherton*
*White, E. F. T.* u. a., s. *C. H. Bamford*
*White, M. L.* u. *A. A. Frost*, Keimbildung, Geschwindigkeit der — in übersättigten $KNO_3$-Lösungen. **R. 167**, 151
*White, W. A. S., H. J. Ross* u. *N. F. Crowder*, Textilien, Verwendung von Trichloräthylen bei der kontinuierlichen Reinigung und Bleichung von. **R. 167**, 158
*Whitemore, R. L.*, Suspensionen, Flockungsmessung. **R. 166**, 93
*Wiebusch, J. R.*, s. *C. M. Aebi*
*Wiedemann, E.*, Biologische Flüssigkeiten, Untersuchungstechnik. **R. 166**, 93
*Wieland, T.* u. a., s. *G. Pfleiderer*
*Wieme, R. J.*, Elektrophorese in Agar-Agar-Gel auf Mikroskop-Objektträgern. **R. 166**, 186
*Wilbourn, A. H.*, Diskussion. **T. 165**, 87
*Wildner, G.*, s. *H. Wildner*
*Wildner, H.* u. *G. Wildner*, Amylolyse, Methoden zur Messung der enzymatischen. **B. 167**, 65
*Willbourn, A. H.*, Polymethylen und Struktur von Polyäthylen **R. 167**, 92
*Williams, E. J.* u. *J. F. Foster*, Serumalbumin vom Rind, UV-spektroskopische Untersuchung von. **R. 166**, 84
*Williams, J. L.* u. a., s. *R. V. Davies*
*Williams, R. K.*, s. *W. E. F. Naismith*
*Wilson, A.*, Anionenaustauscherharze, organische Verschmutzung von stark basischen. **R. 167**, 96
*Winch, A. R.*, Absorbierende Medien mit Kapillarstruktur, Flüssigkeitsaufnahme. **R. 165**, 178
*Winkler, D. E.*, Polyvinylchlorid, Mechanismus des Abbaus und Stabilisierung von. **R. 166**, 87
*Winkler, M. H.* u. *G. Markus*, Serumalbumin vom Menschen, Rotationsdispersion eines —-Azofarbstoff-Komplexes. **R. 166**, 182
*Winnacker, K.* u. *L. Küchler*, Chemische Technologie. **B. 166**, 163
*Winter, S. S.* u. *A. A. Loiselle*, Stärke, Salzeinfluß auf die Spaltung der Granülen. **R. 165**, 191
*Winterstein, H., Henderson*sche Gleichung und die Reaktionstheorie. **R. 166**, 173
*Winther, C.*, Gelatine, Quellung von — mit Wasser. 3. bis 5. **R. 165**, 191
*Wisseroth, K.*, Elastizitätsmodul viskoelastischer Systeme, Bestimmung aus rheologischen Messungen. 2. **O. 166**, 14
*Wisseroth, K.*, Viskoelastisches Fließverhalten in dimensionsanalytischer Behandlung. **O. 166**, 10
*Witsch, H. v.* u. *W. Schükerk*, Grünalgen, Bildung von Aminosäuren und Zuckern bei. **R. 166**, 74
*Wittekind, D.*, Vitalfärbung, gegenwärtige Bedeutung der. **R. 167**, 72
*Wolf, F.* u. *H. Beyer*, Kieselgele, Beziehungen zwischen Herstellungsbedingungen und Oberflächenstrukturen von. **O. 165**, 151
*Wolf, F.* u. *A. Ternow*, Verteilungskoeffizienten, Gasflüssig-— für dünne Flüssigkeitsschichten auf polaren Trägern. **O. 166**, 38
*Wolf, K.*, Diskussion, **T. 165**, 54, 56, 57, 73, 75, 76, 77, 81, 82, 87, 88, 139

*Wolf, K. L.*, Chemie, theoretische. **B. 165**, 65
*Wolf, K. L.*, Grenzflächen, Physik und Chemie der. **B. 166**, 65
*Wolf, M. J., V. Jurkovich* u. *M. M. MacMasters*, Polysaccharasesystem, Fraktionierung. **R. 167**, 73
*Wolfe, R. G.* u. a., s. *N. Shavit*
*Wolff, K.*, Siebböden, Verwendung von. **R. 165**, 206
*Wolfrom, M. L., M. S. Toy* u. *A. Chaney*, Kondensationspolymere aus (Tetra-O-acetyl-)schleimsäuredichlorid. **R. 165**, 187
*Wollensau, J.*, s. *F. Lohss*
*Woelm, M.*, Aluminiumoxyde, Chromatographie. **B. 166**, 165
*Woods, E. F*, s *B. S. Harrap*
*Woody, B. R.*, s. *C. A. Knight*
*Woollam, D. H. M., J. W. Millen* u. *J. A. F. Fozzard*, Cortison, Einfluß auf strahlungsinduzierte Mißbildungen. **R. 167**, 74
*Woolner, M. E.* u. a., s. *K. Hofmann*
*Wootton, P. M.*, s. *A. F. Blanchard*
*Workman, H.*, s. *L. E. Hessler*
*Woermann, D.*, Polyelektrolyte, Verhalten gegen Halogenionen. **R. 166**, 178
*Worrell, R.* u. a., s. *W. H. T. Davison*
*Wright, E. M.* u. *H. Z. Sable*, Desoxyribosederivate, enzymatischer Abbau von. **R. 166**, 84
*Wrischer, M.* u. a., s. *M. J. Herak*
*Wunderlich, B.*, Hochpolymere, Kristallisation in der Kälte. **R. 165**, 183
*Wunderly, C.*, Proteine, Diffusion durch Schichtgele. **R. 166**, 85

*Yajima, H.* u. a., s. *K. Hofmann*
*Yamaguchi, S.*, Elektronenmikroskopie, Messung des Netzebenenabstandes beim Reflexionsbild. **R. 167**, 155
*Yamaguchi, S.*, Filme, Messung der Magnetisierung dünner. **R. 167**, 153
*Yamakawa, H.* u. a., s. *A. Nakajima*
*Yates, J.* u. a., s. *R. S. Silas*
*Yatsunami, K.* u. a., s. *R. Matuura*
*Yeoman, W. B.*, Papierelektrophorese von Protein, Albuminspur bei. **R. 165**, 198
*Yeoman, W. B.*, Proteine, Papierelektrophorese und Subfraktionierung von. **R. 167**, 95
*Yin, T. P.* u. *R. K. Brown*, Zellulose, Reaktionsvermögen bei Nitrierung. **R. 165**, 196
*Yin, T. P.* u. a., s. *S. F. Kurath*
*Yokobori, T.*, Stochastischer Prozeß, Bruch, Ermüdung und Geschmeidigkeit von Stoffen als. **O. 166**, 20
*Yoshida, E.*, s. *T. Tachibana*
*Yügelen, Y.*, s. *J. Eggert*
*Yumoto, H.*, Polymerisation von substituiertem ε-Caprolactam. **R. 166**, 70

*Žáček, H.*, Dispersibilität pulverförmiger Arzneistoffsubstanzen. **W. K. 165**, 172
*Zahn, H.* u. *B. Seidel*, Terephthalsäure, Oligoester der — mit Glykol **R. 166**, 70
*Zanker, V.*, s. *G. Scheibe*
*Zapp, R. L.* u. a., s. *W. F. Fischer*
*Zebec, M., G. Deželić* u. a., Dextran, Brechungsinkrement von. **R. 166**, 181
*Zeitler, E.*, s. *G. Bloom*
*Zettlemoyer, A. C.* u. a., s. *R. R. Myers*
*Ziabicki, A.*, Polycapronamid, mesomorphe β-Form und Umwandlung in die kristalline α-Form. **O. 167**, 132
*Ziechmann, W.* u. a., s. *F. Scheffer*
*Ziegelhöffer, A.* u. a., s. *V. Mansfeld*
*Ziegler, K.* u. *H. Spoor*, Seidenfibroin, Aminosäurensequenzen in. **R. 167**, 88
*Zimmermann, W. F.*, Schaum-Tonerdezement, Entwicklung eines. **R. 165**, 202
*Zittle, C. A., E. S. DellaMonica* u. *L. Pepper*, Casein und Paracasein, Reaktionen. **R. 167**, 80
*Zollinger, H.*, Azofarbstoffe, Chemie der. **B. 166**, 61
*Zweegman, H. W.* u. *J. J. Hermans*, Poly-iso-butylen, Präzisionsviskosimetrie von. **R. 166**, 183

# Sachregister

## zur Kolloid-Zeitschrift, Bd. 165, 166 und 167 (1959)

**O.** = Originalarbeit, **Dk.** = Diskussionsbemerkung, **W. K.** = Wissenschaftlicher Kurzbericht, **W. T. S.** = Wissenschaftlich-technischer Sammelbericht, **P. B.** = Patentbericht, **T.** = Tagungsbericht, **B.** = Buchbesprechung, **R.** = Referat, **Berichtig.** = Berichtigung, **Nachr.** = Nachruf

Die erste, fette Zahl zeigt den Band (**165, 166** oder **167**) an, die zweite die Seitenzahl

*Abdruckverfahren*, Untersuchung des Habitus von Kristallen durch, *Comer*. **R. 166**, 66
*Absorbierende Medien* mit Kapillarstruktur, Flüssigkeitsaufnahme durch, *Winch* **R. 165**, 178
*Acrylfasern*, Herstellung und Eigenschaften der, *Bobek*. **R. 165**, 199
*Adhäsion*, Untersuchung der zellulären, *Weiss*. **R. 167**, 73
*Adhäsionseigenschaften* von Eis, *Jellinek*, **R. 167**, 153
*Adsorption, Harris*. **R. 165**, 190
— hochmolekularer Substanzen, Einfluß auf Kristallwachstum, *Perry*. **R. 165**, 185
— von Äthylaminen an Siliciumdioxyd, *Bauer* u. *Stöber*. **O. 167**, 27
— von Flüssigkeitsgemischen, *Klinkenberg*. **R. 165**, 190
— von Kalium und Cadmium auf Silberbromid, *Boyer, Cappelaere* u. a. **R. 167**, 75
— von Molekularkolloiden an festen Stoffen, Beitrag zum Mechanismus der. 1. Sorption von Methylenblau an Tierkohle, *Skulikidis* u. *Dellios*. **O. 167**, 25
*Adsorption* von Natrium-Alkylsulfaten, Kinetik der, *Matuura, Kimizuka* u. a. **R. 166**, 175
— von Natriumdodecylsulfat an der Grenzfläche Lösung/Luft, Einfluß anorganischer Elektrolyte auf die, *Matuura, Kimizuka* u. a. **R. 167**, 75
*Aërosol OT*, NaCl-Löslichkeit in Lösungen, *Aebi* u. *Wiebusch*. **R. 166**, 77
*Agar-Agar*, Apparatur zum Anbringen von Löchern in Scheiben von, *Callieri*. **R. 166**, 184
—-*Hydrogele*, mechanisches Verhalten von, *Arakawa* u. *Atsumi*. **R. 166**, 77
*Aktivkohlen*, poröse Struktur. 4., *Turuizumi*. **R. 166**, 76
*Alginsäure* und Alginate, *Maass*. **B. 165**, 177
*Aluminiumoxyde*, Chromatographie, *Woelm*. **B. 166**, 165
*Amingemische*, Trennung durch Gegenstromverteilung, *Schönenberger, Thies* u. a. **R. 166**, 95
*β-Aminoäthylthioschwefelsäure*, Schutzwirkung gegen ionisierende Strahlung, *Holmberg* u. *Sörbo*. **R. 167**, 73
*Aminosäuren*, Strahlenschädigung von, *Shields* u. *Gordy*. **R. 166**, 167
—, Trennung an Austauschersäulen, *Stegemann*. **R. 166**, 95

*Ampholyte*, elektrophoretische Trennung von, *Kauman*. **R. 165**, 181
*Amylolyse*, Methoden zur Messung der enzymatischen, *Wildner, H.* u. *G. Wildner*. **B. 167**, 65
*Amylopektin*, Rheologie wäßriger Lösungen von Amylose und, *Storey* u. *Merrill*. **R. 167**, 86
*Analytische Chemie* für Fortgeschrittene, *Meites* u. *Thomas*. **B. 166**, 58
*Anionenaustauscherharze*, organische Verschmutzung von stark basischen, *Wilson*. **R. 167**, 96
*Anionenseifen*, Bedeutung der kationischen Gruppe in, *Kashiwagi* u. *Ezaki*. **R. 167**, 76
*Anorganische Chemie*, Richtsätze für die Nomenklatur der, *Anonym*. **B. 166**, 64
*Antikörper*, Harnstoffeinfluß auf die Reaktionszentren eines, *Nisonoff* u. *Pressman*. **R. 167**, 83
—, Isolierung von Anti-Protein-—, *Singer, Fothergill* u. a. **R. 167**, 80
—, Verstärkung der —-reaktion durch Antigenadsorption an Quarz, *Antweiler*. **R. 167**, 70
*Arachin*, Elektrolyteinfluß auf die Denaturierung von, *Naismith* u. *Williams*. **R. 166**, 79
*Äthylen-Polymere*, Diffusion in, *McCall, Douglas* u. a. **R. 167**, 93
*Äthylzellulose*, Viskositätszahl der, *Moore* u. *Brown*. **R. 167**, 86
*Austauschadsorption* in Theorie und Praxis, *Grießbach*. **B. 167**, 66
*Azofarbstoffe*, Chemie der, *Zollinger*. **B. 166**, 61

*Baumwolle*, Ausrüstung durch Methylolmelamine, *Berard, Gautreaux* u. a. **R. 165**, 200
—, Auswirkung von Hitze-Trocknung auf, *Nelson, Andrews* u. a. **R. 165**, 199
—, Auswirkung von Methylol-Äthylenharnstoff-Ausrüstung von, *Frick*, jr., *Kottes* u. a. **R. 166**, 190
—, Auswirkung von Verlagerung bei mercerisierter und amorpher, *Orr, Burgis* u. a. **R. 166**, 188
—, Deutung der Röntgendiagramme von, *Wakeham, Radhakrishnan* u. a. **R. 166**, 189
—, hitzebedingte chemische Veränderungen der Fasern von, *Hessler* u. *Workman*. **R. 166**, 188
—, knitterechte, *Marsh*. **R. 165**, 199
—, mechanische Eigenschaften chemisch veredelter, *Conrad*. **R. 165**, 200
—, Nachweis der Faserschädigung durch ionisierende Strahlen. 1. 2. u. 3. *Pan, Proctor* u. a. **R. 166**, 188, 189
—, Phosphonmethylierung von, *Drake* u. *Reeves*. **R. 165**, 199
—, $\gamma$-Strahleneinfluß auf, 3. *Demint* u. *Arthur*, jr. **R. 165**, 199
—, Zusammenhang zwischen Kristallitorientierung und Reißfestigkeit von, *Radhakrishnan, Iyer* u. a. **R. 166**, 189
*Bence-Jones-Proteine*, Endgruppenbestimmung, *Caputo*. **R. 167**, 84
— zur Natur der, *Lohss* u. *Wollensau*. **R. 166**, 180
*Benetzung*, Untersuchung der — bei der Herstellung photographischer Filme und Papiere, *Brehmer* u. *Reuther*. **R. 165**, 184
*Biokolloide*, elektrische Doppelbrechung von, *Isemura* u. *Mukohata*. **R. 167**, 64
*Biorheologie*, protoplasmatische und Untersuchungen mittels — an pflanzlichen Milchsäften, *Pfeiffer*. **R. 167**, 152
*Biologische Flüssigkeiten*, Untersuchungstechnik, *Wiedemann*. **R. 166**, 93
*Biologische Systeme*, Energieübertragung in, *Szent-Gyorgyi*. **R. 165**, 187
*Blasenbildung* in Fuaceen-Eiern, *Nakazawa*. **R. 167**, 72
*Blut*, Ungerinnbarkeit des — als Folge der Plasminogenaktivierung, *Beller* u. *Glas*. **R. 167**, 152
*Blutgruppensubstanzen*, Enzymeinfluß auf, *Howe, Schiffman* u. a. **R. 165**, 189
—, Enzymeinfluß auf, *Schiffman, Howe* u. a. **R. 165**, 189
*Blutplättchen*, elektrochemische Untersuchung der Oberfläche der, *Kirschmann, Katchalsky* u. a. **R. 166**, 73
*Botanica Marina*, anonym. **B. 167**, 150
*Brackwasser*, Osmoregulation im tropischen, *Flügel*. **R. 165**, 201
*Brechzahländerungsmessungen* mit Spiegelsystemen, *Urban*. **R. 165**, 178
*Brownsche Bewegung* im Zentrifugalfeld, *Gehatia* u. *Katchalski*. **R. 166**, 166
*Butyl-Kautschuk*, Beschleuniger für Oberflächenhärtung von, *Fischer, Neu* u. a. **R. 165**, 197

*C* s. auch Z
*Carbobenzoxy-L-propyl-L-histidylglycinamid*, Reaktionsfähigkeit von, *Koltun, Clark* u. a. **R. 166**, 68
*Carboxymethylzellulose*, physikalisch-chemische Untersuchungen der wäßrigen Lösungen von, *Napjus* u. *Hermans*. **R. 167**, 86
*Casein*, Analyse einer Population von —-teilchen, *Bloom* u. *Zeitler*. **R. 167**, 70
— und Paracasein, Reaktionen, *Zittle, DellaMonica* u. a. **R. 167**, 80
*Chemie*, Fortschritte der anorganischen und Radio-, *Emeleus* u. *Sharpe*. **B. 165**, 177
—, Lehrbuch der organischen, *Langenbeck*. **B. 165**, 177
—, theoretische, *Wolf*. **B. 166**, 65
*Chemiefaserqualitäten* in der Kautschukindustrie, *Pieper*. **R. 166**, 189
*Chemiker-Anekdoten*, *Hauser*. **B. 166**, 64
*Chemische Fachausdrücke*, englische und deutsche, *Fromherz* u. *King*. **B. 165**, 176
*Chemische Technologie*, *Winnacker* u. *Küchler*. **B. 166**, 163
*Chemisches Russisch*, *Perry*. **B. 165**, 177
*Chromatogramme* von *Aminosäuren*, UV-Densitometrie von, *ven Horst, Tang* u. a. **R. 166**, 95
*Chromatographie*, Gas-Adsorptions-—, *Cremer*. **R. 167**, 67
—, Theorie, *Giddings*. **R. 165**, 182
— der Indolyl-3-Essigsäure. *Klämt*. **R. 167**, 155
*Chymotrypsin*, Bestimmungsmethode, *Martin, Golubow* u. a. **R. 166**, 181
—, Freiwerden von Phenol aus Diphenylphosphoryl-, *Lee* u. *Turnbull*. **R. 165**, 192
—, Wirkung auf $\alpha$-Corticotropin. *Léonis, Li* u. a. **R. 165**, 201
*$\alpha$-Chymotrypsin*, Oberflächeneffekte bei der Katalyse mit, *Bixler* u. *Niemann*. **R. 165**, 195
—, Wechselwirkung mit $\alpha$-N-acetylierten $\alpha$-Aminosäurenmethylamiden, *Applewhite* u. *Niemann*. **R. 167**, 77
—, Wechselwirkung mit $\alpha$-N-acetylierten L-Tyrosinmethylamiden, *Lands* u. *Niemann*. **R. 167**, 78
—, Wechselwirkung mit Tyrosinmethylamiden, *Manning* u. *Niemann*. **R. 166**, 83
*Chymotrypsinhydrolyse* von n-Fettsäureestern, *Hofstee*. **R. 166**, 83
*Chymotrypsinogen*, Cysteinsäurepeptide aus —hydrolysat, *Keil* u. *Sorm*. **R. 167**, 85
*$\alpha$-Chymotrypsinogen*, Carboxylgruppen in, *Meedom*. **R. 166**, 81
—, Spaltung von Disulfidbindungen in, *Pechère, Dixon* u. a. **R. 167**, 82
*Co-Fibrin*, Aminosäurensequenz, *Folk, Gladner* u. a. **R. 166**, 82
—, Isolierung, Reinigung und Charakterisierung von, *Gladner, Folk* u. a. **R. 166**, 82
*Copolymere* aus Polystyrol und Maleinsäuredimethylester oder Allylacetat, *Weiss, Gerecht* u. a. **R. 166**, 171

*Copolymere* aus Styrol und Methyl-methacrylat, spektrophotometrische Bestimmung von, *Tobolsky, Eisenberg* u. a. **R. 165**, 197
*Copolymerisation* von Isocapronsäure-Vinylester mit Vinylacetat und Äthylen, *Kurian* u. *Muthana*. **R. 166**, 70
— von Methacrylsäureestern mit Methacrylat-Ionen, *Parsons* u. *Warson*. **R. 166**, 170
*Cortison*, Einfluß auf strahlungsinduzierte Mißbildungen, *Woollam, Millen* u. a. **R. 167**, 74
α-*Crystallin*, Untersuchungen an, *Bon*. **R. 167**, 81
*Cystein*, Einfluß auf beschallte Methylenblaulösungen, *Siegel, Mönig* u. a. **R. 166**, 168
—, Einsatz im Strahlenschutz, *Straub* u. *Krause*. **R. 165**, 189
*Cytochrom*, Umwandlung in Mitochrom, *Elliott, Hülsmann* u. a. **R. 167**, 87
*Cytochrom* c aus Weizenkeimen, Kristallisation des, *Hagihara, Tagawa* u. a. **R. 166**, 180
*Cytoplasma*, Feinstruktur des — von Wurzelzellen, *Strugger* u. *Lindner*. **R. 167**, 72
— meristematischer Zellen, Myelinfiguren im, *Menke*. **R. 167**, 71

*Dämpfung*, Ermittlung der relativen, *Kempermann* u. *Clamroth*. **R. 166**, 187
*Darvan*, Färben von, *Sommar*. **R. 165**, 201
*Deformationsvorgang*, Analyse von Zustandsänderungen aus Untersuchungen des, *Müller*. **O. 165**, 96
*Desoxyribonukleinsäure*, Aktivität der Salze gegenüber Desoxyribonuklease, *Erkama* u. *Suutarinen*. **R. 166**, 77
—, Einfluß auf Absorptionsspektrum des Berberin, *Klimek* u. *Hnilica*. **R. 167**, 78
—, Elektronenspinresonanz in bestrahlter, *Boag* u. *Müller*. **R. 167**, 84
—, hydrodynamisches Verhalten der Lösungen von, *Hermans* jr. u. *Hermans J. J*. **R. 167**, 81
—, Lichtstreuung der Lösungen von, *Hermans*. **R. 167**, 81
—, Sedimentationsuntersuchungen an Fraktionen von, *Rosenkranz* u. *Bendich*. **R. 167**, 83
— aus Kälberthymus, physikalisch-chemische Untersuchung der, *Schumaker*. **R. 166**, 80
*Desoxyribosederivate*, enzymatischer Abbau von, *Wright* u. *Sable*. **R. 166**, 84
*Detergentien*, Suspensionsvermögen in Gegenwart von Substrat, *Harris*. **R. 165**, 206
*Deuterohämoglobin* vom Menschen, Sauerstoffgleichgewicht an regeneriertem. 2. *Rossi-Fanelli* u. *Antonini*. **R. 167**, 79
*Deutsche Forschungsgemeinschaft* – Denkschrift der. **B. 166**, 64
*Dextran*, Brechungsinkrement von, *Zebec, Deželić* u. a. **R. 166**, 181
*Dialdehyd-Stärke*, Lösungseigenschaften von, *Levine, Griffin* u. a. **R. 166**, 78
*Dichtegradientenelektrophorese*, Gradientenmischeinrichtung, *Svensson*. **R. 165** 180
*Dielektrisches Analogon* zur Strömungsdoppelbrechung, *Hartmann* u. *Jaenicke*. **R. 166**, 166
*Dielektrisches Verhalten* strömender Flüssigkeiten, Apparatur zur Messung des, *Jaenicke*. **R. 166**, 185
*Dielektrizitätskonstante*, Messungen an extrem verdünnten Polymerlösungen in unpolarem Lösungsmittel, *Dietzel* u. *Müller*. **O. 166**, 98
—, Präzisionsgerät zur Bestimmung der, *Engelter* u. *Müller*. **O. 166**, 25
*Differential-Gleichungen*, geometrische Theorie, *Lefschetz*. **B. 165**, 174
*Diffusion*, Analogie der — zum Fließen von Lösungsmittel in Papier, *Ruoff, Prince* u. a. **O. 166**, 144
—, Apparatur für mehrere Simultanversuche, *Polson*. **R. 167**, 94
*Diffusion*, Bedeutung der — im Adsorptionsprozeß einiger Alkohole und Säuren, *Defay* u. *Hommelen*. **R. 167**, 153
—, Lösung der Differentialgleichung eines -vorganges, *Valko*. **R. 165**, 178
—, Methoden der Messung und Auswertung, *Jost*. **B. 165**, 172
— in Dreikomponentensystemen, *Fujita*. **R. 166**, 165
*Diffusionsprobleme*, irreversible Thermodynamik der, *Laity*. **R. 165**, 182
*Dispersibilität* pulverförmiger Arzneistoffsubstanzen, *Záček*. **W.K. 165**, 170
*Dispersionsanstriche*, Anstrichmängel, *Riese*. **R. 165**, 205
—, Filmbildung, *Talen* u. *Hoyer*. **R. 165**, 205
— aus Vinylacetatcopolymeren, Bildung, *Scheufele* u. *Tompkins*. **R. 167**, 96
*Dosimeter* für Röntgenstrahlen, *Krokowski*. **R. 166**, 185
*Drehungsdispersion*, Abschätzung der, *Heller*. **R. 165**, 182
*Drogenkunde*, *Hoppe*. **B. 165**, 176
*Durchflußkammer*, *Iwanov* u. *Schneider*. **R. 166**, 91
*Durum und Teigwaren*, aktuelle Probleme über, **B. 167**, 150

*Ehrlichsches Ascitescarcinom* der Maus, Untersuchungen des, *Seeger* u. *Schacht*. **R. 167**, 72
„*Eigenschaften* und Vorgeschichte des Materials", einleitende Bemerkungen zum Thema der Diskussionstagung, *Müller*. **O. 165**, 1
*Eiklar*, System Flavoprotein-Apoprotein des, *Rhodes, Bennett* u. a. **R. 167**, 90
*Eiweiß*, s. Proteine
*Elastase*, Zonenelektrophorese auf Stärke, *Dvonch* u. *Alburn*. **R. 167**, 77
*Elastizitätsmodul* viskoelastischer Systeme, Bestimmung aus rheologischen Messungen. 2., *Wisseroth*. **O. 166**, 14
*Elastomere*, Schallfortpflanzung in Platten und Stäben aus, *Naake* u. *Tamm*. **R. 167**, 157
—, Temperaturabhängigkeit des mechanischen und spannungsoptischen Verhaltens von, *Kruse* u. *Timm*. **R. 166**, 187
*Elektrische Doppelschicht*, Struktur der, *Brodowsky* u. *Strehlow*. **R. 165**, 190
*Elektrische Eigenschaften* der Echinodermen-Eier, *Hiramoto*. **R. 167**, 71
*Elektrodialyse*, Membran-— von Reaktor-Kühlwasser, *Cohen*. **R. 165**, 206
*Elektrokeramisches Material* aus Bleimetaniobat, *Nelson* u. *Cook*. **R. 165**, 202
*Elektrokinetische Potentiale* von Ag. *Mirnik* u. *Pravdić*. **R. 166**, 176
*Elektrokinetische Untersuchungen* in dispersen Systemen. 2., *Mirnik, Pravdić* u. a. **R. 166**, 185
*Elektrolytisches Leitvermögen*, *Fuoss* u. *Accascina*. **B. 167**, 66
*Elektromagnetisches Feld*, Verhinderung von Strömung im, *Kolin*. **R. 166**, 94
*Elektromagnetophorese*, Konvektion bei, *Kolin, Leenow* u. a. **R. 166**, 93
*Elektronenlinsen*, Existenzbereiche rotationssymmetrischer, *Tretner*. **R. 166**, 165
—, durch permanente Magneten erregte, *Kimura* u. *Katagiri*. **R. 166**, 185
*Elektronenmikroskop*, Elektronenbeugungsuntersuchungen mit dem, *Bethge* u. *Brauer*. **R. 166**, 184
— mit kalter Kathode und elektrostatischer Linse, *Gribi, Thürkauf* u. a. **R. 166**, 184
— mit universeller Anwendbarkeit, *Bethge*. **R. 166**, 184
*Elektronenmikroskopie*, Analyse tropfenförmiger Präparate, *Králik* u. *Čech*. **R. 166**, 91

*Elektronenmikroskopie*, Bedampfung der Präparate, *Ogorelec*. **R. 166**, 91
—, Dünnschnitte einer Al-Ag-Legierung, *Reimer*. **R. 167**, 154
—, Einrichtung zur Zielpräparation, *Schwartze*. **R. 166**, 92
—, erreichbare Genauigkeit bei der Stereo-—, *Garrod* u. *Nankivell*. **R. 166**, 165
—, Messung des Netzebenenabstandes beim Reflexionsbild, *Yamaguchi*. **R. 167**, 154
—, Methode zur Vergrößerungsbestimmung, *Römer* u. *v. Fragstein*. **R. 166**, 185
—, Nachweis von Ladungsschwankungen in Filmen bei Elektronendurchstrahlung, *Mahl* u. *Weitsch*. **R. 167**, 154
—, Röntgenkleinwinkelstreuung und, *Keller*. **O. 165**, 15
—, Ultramikrotom-Technik bei Untersuchung von Metall-Legierungen, *Reimer*. **R. 166**, 92
—, Untersuchungs- und Präparationsmethoden, *Reimer*. **R. 167**, 66
*Elektronenmikroskopische Beobachtungen* an $Fe(OH)_3$ und $Al(OH)_3$, *Suzuki*. **O. 165**, 168
*Elektronenoptische Abbildung* durch Orthogonalsysteme, *Dusek*. **R. 167**, 67
*Elektroosmose-Apparatur*, *Mirnik*, *Pravdić* u. a. **R. 166**, 185
*Elektrophorese*, Apparatur, *Rappaport* u. *Rabinovitz*. **R. 167**, 94
—, kombinierte Apparatur für Papier- und — auf Agar-Agar, *Bon* u. *de Vries*, **R. 166**, 186
—, Tank für vielseitige Anwendung, *Frentz*. **R. 166**, 184
—, Theorie, Methoden und Anwendungen, *Bier*. **B. 165**, 177
— in Agar-Agar-Gel auf Mikroskop-Objektträgern, *Wiemer*. **R. 166**, 186
*Elektrostenolyse* an stromdurchflossenen Membranen, *Milička*. **R. 166**, 65
*Emulsionen*, Beurteilung grenzflächenwirksam-legierter Öle und, *Kadmer*. **R. 166**, 192
—, dielektrische Eigenschaften von. 1. Dielektrizitätskonstanten von O/W-Emulsionen, *Hanai*, *Koizumi* u. a. **O. 167**, 41
—, Einfluß von Emulgatorkonzentration auf die Viskosität von, *Sherman*. **O. 165**, 156
—, Wärmeleitfähigkeit, *Wang* u. *Knudsen*. **R. 165**, 190
—, von alkalilöslichen Acrylcopolymeren, *Fordyce*, *Dupré* u. a. **R. 167**, 96
*Enolase* aus Hefe, Aminosäurenzusammensetzung, *Malmström*, *Kimmel* u. a. **R. 167**, 89
*Enzym*, Beeinflussung der Aktivität eines oberflächengespreiteten, *Skou*. **R. 166**, 181
— aus Hefe, Reinigung eines, *Seaman*. **R. 166**, 174
*Enzymatische Reaktionen*, Beeinflussung durch Ionisierung des Substratmoleküls, *Frieden*. **R. 165**, 189
*Epoxydverbindungen* und Epoxydharze. Chemische Technologie der, *Paquin*. **B. 166**, 62
*Erythrocyten*, Phosphorstoffwechsel in bestrahlten, *Maurer*. **R. 165**, 188
*Euglobuline*, Viskosität der Lösungen von, *Steel*. **R. 166**, 180
*Extraktionsverfahren* in der analytischen Chemie, *Morrison* u. *Freiser*. **B. 167**, 148

*Fasern*, Herstellung von Querschnitten mit der Platten-Methode, *Ford* u. *Simmens*. **R. 166**, 186
—, Prüfung von Festigkeit und Dehnung von, *Becker*. **R. 166**, 186
—, Strukturforschung mittels Ultraschall bei synthetischen, *Charch* u. *Moseley*, jr. **R. 167**, 158
—, Zwischenräume in einer Suspension von, *Ogston*. **R. 165**, 180
*Fasern* aus Wolle, kinetische Untersuchung der Superkontraktion von — in Lösungen von Salzen, Säuren und Alkalien, *Crewther* u. *Dowling*. **R. 167**, 157
— aus Wolle, mechanische Eigenschaften von — in $D_2O$, *Feughelman*, *Haly* u. a. **R. 167**, 157
*Faserstoffe*, physikalische Eigenschaften von, *Marshall* u. *Palmer*. **R. 166**, 190
*Ferritin*, Aussalzen und Neuverteilung des Eisens in, *Philippot* u. *Magnan de Bornier*. **R. 166**, 80
*Festkörper*, Schlagsinterversuche an synthetischen, *Sauerwald*. **R. 165**, 204
*Feuerfeste Stoffe*, *Young*scher Modul von, *Wachtman*, jr. u. *Lam*, jr. **R. 166**, 168
*Feuerlöschschaum*, Wärmeabsorption, *Thomas*. **R. 166**, 76
*Fibrinogen*, Darstellung aus menschlichem Plasma, *Götz* u. *Scheiffarth*. **R. 166**, 82
—, Kinetik der Umwandlung in das Fibrinmonomer, *Ehrenpreis* u. *Scheraga*. **R. 167**, 77
*Filme*, Korrektur für die — aus ungerührten Lösungen in Zellen mit Ionenaustauschermembranen, *Mackay* u. *Meares*. **O. 167**, 31
—, Messung der Magnetisierung dünner, *Yamaguchi*. **R. 167**, 153
—, multimolekulare von Trijodstearinsäure, *Sobotka*, *Demeny* u. a. **R. 167**, 153
—, Spaltung dünner Flüssigkeits-—, *Myers*, *Miller* u. a. **R. 167**, 152
*Fluor*, Ergänzungsband, *Gmelins* Handbuch der anorganischen Chemie. **B. 167**, 64
*Fluoreszenz* von Ratteneiern, *Austin* u. *Bishop*. **R. 167**, 70
*Fluorit*, Beeinflussung der Flotationsgeschwindigkeit von, *Dobiás*. **R. 167**, 68
*Flüssigkeiten*, Registrierung der Stromstärke ausfließender, *Röckemann*. **R. 166**, 92
*Flüssigkeiten*. 4. Spinnfähigkeit beim Abtropfen. 5. Spinnfähigkeit und Strukturviskosität, *Shishido* u. *Ito*. **R. 167**, 93
*Flüssigkeitsfilme*, Verdampfung von dünnen, *Bressler*. **R. 165**, 206
*Flüssigkeitskugeln*, Bewegung von, *Bartok* u. *Mason*. **R. 166**, 65
*Flüssigkeitströpfchen*, Koexistenzzeit an Phasengrenzflächen, *Könnecke*. **R. 167**, 67
—, Theorie der Verbrennung fein versprühter, *Miesse*. **R. 165**, 183
*Folien*, Durchlässigkeit von Kunststoff-— für Gase und Dämpfe, *Moll*. **W. S. 167**, 55
*Formaldehydlösungen*, Analyse von — durch Messungen von DK und Dichte, *Oehme*. **R. 167**, 155
*Füllstoffe*, Einfluß von — auf Vulkanisationsreaktionen, *Scheele*, *Mau* u. a. **R. 167**, 157
*Fumarase*, Elektrophorese und Titration der, *Shavit*, *Wolfe* u. a. **R. 165**, 189

*Gärung*, $Ce^{3+}$-Einfluß auf die alkoholische, *Loos*. **R. 166**, 74
*Gas-Chromatographie*, *Keulemans*. **B. 165**, 172
—, *Pecsok*. **B. 165**, 178
—, biologische Detektoren, bei der, *Bayer* u. *Anders*. **R. 167**, 94
*Gegenstromverteilung* von Ribonuklease und Lysozymen, *King* u. *Craig*. **R. 165**, 194
*Gehirn* von Warmblütern, Isolierung von Substanzen aus dem, *Kewitz*. **R. 167**, 152
*Gelatine*, Quellung von — mit Wasser. 3.–5., *Winther*. **R. 165**, 191
*Gel-Diffusions-Präzipitintest* auf Objektträgern, *Mansi*. **R. 166**, 185
*Gelenkflüssigkeit*, Untersuchung in der Ultrazentrifuge, *Platt*, *Pigman* u. a. **R. 166**, 173
*Getreideeiweiß*, Getreidestärke und Getreideenzyme. Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e. V.–Detmold. **B. 165**, 177

*Getreidequalität*, Trocknung und Lagerung. Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e. V., Detmold. **B. 165**, 177
*Gewebspermeabilität*, Untersuchungen über, *Kipnis, Helmreich* u. a. **R. 166**, 173
*Gießerei*, Luftverunreinigung und Entstaubung, *Riggi*. **R. 165**, 204
*Glas*, Einfluß des Wassergehaltes auf das UR-Spektrum von, *Scholze*. **R. 166**, 191
—, elastische Eigenschaften von, *Smyth*. **R. 167**, 159
—, Sauerstoffvolumen, Wärmeausdehnung und Struktur des, *Náray-Sabó*. **R. 167**, 159
—, Wärmeleitfähigkeit von Schmelzen von, *Neuroth*. **R. 167**, 159
*Glasfaserkunststoffe*, Eigenschaften von, *Hagen*. **R. 166**, 187
*Glas-Metall-Bindung*. 4., *Volpe, Fulrath* u. a. **R. 165**, 202
*$\beta_2$-Globulin*, Isolierung aus Serum und Eigenschaften, *Heremans, J. F., M.-T. Heremans* u. a. **R. 165**, 195
*$\gamma$-Globulin*, basische Fraktion, *Franklin*. **R. 165**, 188
— vom Rind, Temperatureinfluß auf monomolekulare Schichten von, *Llopis* u. *Albert*. **R. 167**, 79
*Glycin*, Veränderung des Elektronenspinresonanzspektrums bei Einwirkung ionisierender Strahlen, *Boag* u. *Müller*. **R. 167**, 69
*Glycylglycin*, Reaktion mit p-Nitrophenylacetat, *Koltun* u. *Gurd*. **R. 166**, 68
*Glykoproteine*, Freisetzung der Zuckerkomponente, *Michon* u. *Bourrillon*. **R. 166**, 79
—, papierelektrophoretische Bestimmung von, *Boguth* u. *Schnappauf*. **R. 166**, 95.
*Goldschlägerhäutchen*, *Brüche* u. *Schulze*. **O. 165**, 143
*Graphitisierung* von Kohlenstoff, *Hall*-Effekt und elektrische Leitfähigkeit, *Hauser*. **R. 166**, 67
*Grenzflächen*, Physik und Chemie der, *Wolf*. **B. 166**, 65
*Grenzflächenaktive Substanzen*, p-n-Alkyl-Benzolsulfonate als, *Kölbel* u. *Kühn*. **R. 166**, 178
—, mizellares Verhalten und Adsorptionseigenschaften zweier, *Bell*. **R. 166**, 178
—, Oberflächenspannung der Lösungen nichtionogener, *Eda*. **R. 166**, 75.
—, Analyse und Reinigung durch Ionenaustausch, *Ginn* u. *Church*. **R. 166**, 94
—, 1.–5., *Eda*. **R. 166**, 174, 175, 176
—, Wirkung beim Karbonisieren. **R. 166**, 190
—, Wirkung bei Zinkstaubzementation, *Roever*. **R. 165**, 204
—, auf aliphatischer Grundlage, *Machemer*. **R. 165**, 200
— und Reinigungsmittel, *Schwartz, Perry* u. a. **B. 167**, 149
*Grenzflächenchemie*, Theorie und Praxis, *Bikerman*. **B. 166**, 59
*Grenzflächenenergien*, Zusammenhang zwischen Kontaktwinkeln und, *McNutt* u. *Andes*. **R. 166**, 167
*Grenzflächen-Impedanz*, Frequenzabhängigkeit der, *Eda*. **R. 167**, 74
*Grenzflächenspannung*, Modifizierung der Tropfenmethode zur Messung der, *Krishna* u. *Warlu*. **R. 166**, 185
*Grünalgen*, Bildung von Aminosäuren und Zuckern bei, *Witsch* u. *Schükerk*. **R. 166**, 74
*Gummi arabicum*, Reinigung und Viskositätsmessungen, *van Beek*. **R. 167**, 86
*Gußeisen*, Bestimmung der Oberflächenspannung von, *Pohl*. **R. 165**, 203

*Halloysit*, Einfluß von Trockenvermahlung, *Takahashi*. **R. 166**, 67
*Hämoglobin*, Beeinflussung der Dissoziationskurven des, *Hořejší* u. *Komárková*. **R. 166**, 172
—, Chromatographie an Kationenaustauscher-Zellulose, *Gutter, Peterson* u. a. **R. 167**, 81
—, Komplexaffinität von, *Scheler*. **R. 166**, 80
—, Reaktion zwischen reduziertem — und Äthylisocyanid, *Okazaki* u. *Tsushima*. **R. 166**, 180
*Hämoglobin* von Menschen, Untersuchung der Gegenstromverteilung des, *Hill* u. *Craig*. **R. 167**, 78
— vom Pferd, Hydrolyse, *Mäsiar*. **R. 165**, 193
— vom Pferd, dielektrische Dispersion in Lösungen von — in Deuteriumoxyd, *Takashima* u. *Lumry*. **R. 167**, 88
— von Pferd und Mensch, Aminosäurensequenz, *Mäsiar*. **R. 165**, 193
*Hämoglobin A* und — *B*, Agar-Agar-Papierelektrophorese von, *Rappaport* u. *Rabinovitz*. **R. 167**, 95
*Hämoglobin H*, Grundstruktur von, *Jones, Schroeder* u. a. **R. 167**, 87
*Hämoglobin S* vom Menschen, Seitenkette von, *Vinograd, Hutchinson* u. a. **R. 167**, 88
*Haptoglobine*, Reinigung und Eigenschaften, *Laurell*. **R. 165**, 192
*Harze*, Auftreten globulärer Strukturen in wärmehärtenden, *Erath* u. *Spurr*. **R. 166**, 86
*Hefe*, Biochemie und Technologie der, *Bergander*. **B. 167**, 150
*Hendersonsche Gleichung* und die Reaktionstheorie, *Winterstein*. **R. 166**, 173
*Heparin*, Molekulargewicht und Aktivität von, *Patat* u. *Elias*. **R. 167**, 72
*Hochmolekulare quaternäre Ammoniumchloride*, *Babcock, Terry* u. a. **R. 166**, 187
*Hochpolymere*, Beeinflussung des dielektrischen und mechanischen Relaxationsverhaltens von, *Thurn*. **O. 165**, 57
—, Gelbildung bei — an der Grenzfläche Luft/Wasser, *Tachibana, Inokuchi* u. a. **O. 167**, 141
—, Gleichstromverhalten von, *Herwig* u. *Jenckel*. **R. 166**, 183
—, keramische Eigenschaften als Funktion der Vorbebehandlung, *Dole*. **O. 165**, 40
—, Kristallisation von, *Schuur*. **O. 165**, 37
—, Kristallisation von — in der Kälte, *Wunderlich*. **R. 165**, 183
—, Kristallisationsbedingungen und morphologische Struktur, *Stuart*. **O. 165**, 3
—, morphologische Strukturen von kristallisierenden, *Eppe, Fischer* u. a. **R. 167**, 91
—, Schlüsse auf Zustandsänderungen von — aus Kerninduktionsuntersuchungen, *Lösche*. **O. 165**, 116
—, Wärmeeffekte beim Verstrecken von, *Müller*. **R. 166**, 85
—, Wirkungen ionisierender Strahlung auf natürliche und synthetische, *Bovey*. **B. 166**, 161
*Hormon*, melanocytenstimulierendes, Synthese aus Analogen, *Hofmann, Woolner* u. a. **R. 165**, 187
*Hormone*, Biochemie der, *Bersin*. **B. 166**, 59
*Hostaflon*, dielektrische Messungen an, *Krum*. **O. 165**, 77
—, Temperaturabhängigkeit des mechanischen Verlustfaktors von, *Illers* u. *Jenckel*. **O. 165**, 84
*Hostalen* PPH, *Schley* u. *Schülde*. **R. 166**, 187
*Hostalit Z*, *Frey*. **R. 166**, 95
*Huminsäure*, präparative Trennung in der Ultrazentrifuge, *Scheffer, Ziechmann* u. a. **R. 166**, 85
—, Viskosität der Lösungen des Natriumsalzes von — aus Kohle gewonnener, *Rajalakshmi, Sivarajan* u. a. **R. 167**, 87
*Hyaluronsäure*, Einfluß der Ionenstärke auf die physikalischen Eigenschaften von, *Varga, Pietruszkiewicz* u. a. **R. 166**, 182

*IKA-Nachrichten* Nr. 1. **B. 166**, 64
*Immunopathologie*, Symposion 1958, *Graban* u. *Miescher*. **B. 165**, 177
*Influenza-Virus*, Innenstruktur, *Frisch-Niggemeyer*. **R. 166**, 77
*Insulin*, Reduktion von, *Narahara* u. *Williams*. **R. 166**, 83
—, vollständig jodiertes Derivat des, *Gruen, Laskowski* u. a. **R. 167**, 85

*Ionenaustauschermembranen*, Farbreagenzpapiere aus, *Sansoni*. **R. 167**, 95
*Isopolyvanadat*, Molekulargewicht des orangeroten, *Glemser* u. *Preisler*. **R. 167**, 151

*Kaolin-Minerale*, Änderungen der dynamischen Eigenschaften durch Wärmebehandlung, *Mochida, Kawasaki*. **R. 166**, 190
—, Naßvermahlung von, *Takahashi*. **R. 166**, 191
*Kaolinit*, Einfluß von Trockenvermahlung, *Takahashi*. **R. 166**, 67
*Kapillaraktive Verbindungen*, kolorimetrische Vergleichsanalyse mit nichtionogenen, *Peter*. **R. 166**, 187
*Kapillaraufsteigen* von Flüssigkeit, *Gillespie*. **R. 166**, 76
*Kartoffel-X-Virus*, Isolierung des nicht-aggregierten — aus Tabak, *Reichmann*. **R. 165**, 193
—, Lichtstreuungsuntersuchungen an, *Reichmann*. **R. 165**, 193
*Kathämoglobine*, die Klasse der, *Caro*. **R. 166**, 179
*Kautschuk*, Alterungsprobleme, *Le Bras*. **R. 165**, 197
—, Beitrag zum Frosting-Problem des, *Kluckow* u. *Seeberger*. **R. 167**, 155
—, Dehnungsarbeit beim, *Kusov*. **R. 167**, 156
—, Diffusion von Schwefel in, *Ludwig*. **R. 167**, 156
—, Handbuch, 1. Band, *Boström*. **B. 167**, 150
—, Handbuch. 3. Bd., *Böström*. **B. 165**, 175
—, Kalorimetrische Messungen bei der Deformation von, *Müller*. **R. 167**, 156
—, natürlicher und synthetischer. Übersicht, *Tryon* u. *Linnig*. **R. 166**, 94
—, Quellung und Entquellung von Weichgummi, *Luttropp*. **R. 167**, 156
—, Vulkanisation von Hartgummi, *Kuzminskiĭ* u. *Borkova*. **R. 167**, 156
—, Wissenschaft und Technologie des, *Le Bras*. **B. 165**, 175
*Keimbildung*, Geschwindigkeit der — in übersättigten $KNO_3$-Lösungen, *White* u. *Frost*. **R. 167**, 151
— bei Bariumsulfatniederschlägen, *Takiyama*, **R. 166**, 169
— in binären Systemen mit Mischungslücke, *Stadelmaier* u. *Hütter*. **R. 165**, 183
*Keramische Massen*, optimale Trocknungsbedingungen für, *Schrader*. **R. 167**, 159
*Keramische Überzüge*, elastische Deformation, *Lauchner* u. *Bennett*. **R. 165**, 202
*Keratin*, Dehnung bei Fasern aus, *Feughelman* u. *Mitchell*. **R. 166**, 188
—, UR-Untersuchung von, *Stein* u. *Guarnaccio*. **R. 166**, 181
— von Wolle, Farbstoffbindung an lösliche Verbindungen von, *Harrap*. **R. 167**, 86
— von Wolle, Quer-$\beta$-Modifikation, *Peacock*. **R. 166**, 84
— von Wolle, mittels Acrylnitril stabilisierte Derivate von, *Tomimatsu, Bartulovich* u. a. **R. 167**, 157
*Keratinfasern*, elastische und bleibende Dehnung bei, *Feughelman* u. *Mitchell*. **R. 165**, 199
*Kernbildung*, zweidimensionale in nichtkohärenten Schichten, *Sears*. **R. 167**, 68
*Kieselgel*, Beziehungen zwischen Herstellungsbedingungen und Oberflächenstruktur von, *Wolf* u. *Beyer*. **O. 165**, 151
—, Zersetzung von Ameisensäure durch, *Franchon de Pradel* u. *Imelik*. **R. 165**, 185
*Klinische Chemie*, *Kingsley*. **R. 166**, 94
*Knäuelmolekeln*, Sedimentation, *Vollmert*. **R. 165**, 182
*Knochen*, Bestimmung des Mineralgehaltes von, *Keane, Spiegler* u. a. **R. 167**, 95
*Koagulierende Drüse*, Feinstruktur des Epitheliums der, *Brandes, Belt* u. a. **R. 166**, 73
*Koaleszenz* von Flüssigkeitströpfchen, *Nielsen, Adams* u. a. **R. 165**, 190
*Kollagen*, Röntgen-Kleinwinkelstreuungsdiagramme von, *Ericson* u. *Tomlin*. **R. 167**, 84
—, Tripeptide aus, *Schrohenloher, Ogle* u. a. **R. 166**, 84
*Kollagen*, Ursprung des Hydroxylysins von, *Sinex, van Slyke* u. a. **R. 167**, 79
*Kolloidchemie* makromolekularer Naturstoffe, *Erbring* u. *Müller*. **B. 165**, 171
*Kolloide*, Bildung in wäßriger Kobaltsalz-Lösung, *Sasaki* u. *Osaka*. **R. 166**, 178
—, organische, *Jirgensons*. **B. 166**, 160
—, Wechselwirkung zwischen 2 zylinderförmigen, *Sparnaay*. **R. 167**, 76
— und Oberflächeneigenschaften, *Draper*. **R. 165**, 190
*Kolloidelektrolyte*, Ultrafiltrationsversuche an, *Hutchinson*. **R. 167**, 76
—, Wärmekapazität solubilisierter Systeme. 1. u. 2. *Hutchinson* u. *Bailey*. **R. 167**, 76
*Kolloidkunde*, Allgemeine und angewandte, *Manegold*. **B. 166**, 160
*Kolloidsysteme*, Verschiebung des Konzentrationsgleichgewichts an der Oberfläche von, *Angelescu* u. *Davidescu*. **R. 166**, 76
*Kondensationspolymere* aus (Tetra-O-acetyl)-schleimsäuredichloriden und -diaminen, *Wolfrom, Toy* u. a. **R. 165**, 187
*Kugeln*, über den Widerstand an starren — bei der Bewegung innerhalb zylindrischer Röhren, *Faxén*. **W. K. 167**, 146
*Kunstfasern*, Zusammenhang zwischen Doppelbrechung und Verstreckfaktor bei, *de Vries*. **R. 165**, 200
*Kunstharze*, chlorbeständige „wash-and-wear"-Ausrüstung mit, *Enders* u. *Pusch*. **R. 165**, 201
*Kunststoffe*, quasistationäre Messung der spezifischen Wärme und der Wärmeleitfähigkeit an, *Hellwege, Knappe* u. a. **R. 167**, 95

*Lackfilme*, mechanische Spektra von, *Fink-Jensen*. **R. 165**, 205
*$\beta$-Lactoglobulin*, Brechungsinkrement von, *Davies*. **R. 166**, 81
*Längsschnitte*, Herstellung von achsenparallelen, *Iwanov* u. *Schneider*. **R. 166**, 91
*Latex*, Teilchengrößenbestimmungen in synthetischem, *Loebel*. **R. 167**, 96
*Latexfilme*, Glattwerden von, *Garrett, Prentiss* u. a. **R. 167**, 96
*Leichtmetalle*, Kleben von, *Matting*. **R. 165**, 204
*Leime und Gelatine*, Chemie und Fabrikation von, *Sauer*. **B. 166**, 63
*Lichtmikroskop*, Steigerung der lateralen Auflösung, *Menzel*. **R. 166**, 91
*Lichtstreuung* durch Fadenmolekeln, *Reichmann*. **R. 166**, 68
— durch zick-zack- und schraubenförmige Ketten, *Hermans*, jr. u. *Hermans*. **R. 165**, 182
— kugelförmiger Kolloide, Rückwärtsstreuung, *Nakagaki* u. *Heller*. **R. 167**, 67
*Liebig*, Justus- und Friedrich *Wöhlers* Briefwechsel in den Jahren 1829–1873, *Schwarz*. **B. 166**, 64
*Lignin*, Molekulargewicht von synthetisch gewonnenem, *Meyerhoff*. **R. 166**, 85
*Lipoprotein*, Wechselwirkung mit langkettigen Fettsäureanionen, *Goodman* u. *Shafrir*. **R. 166**, 82
*$\alpha$- und $\beta$-Lipovitellin*, Untersuchung der Eigenschaften von, *Sugano*. **R. 166**, 181
*Literatur*, Führer durch die technische, *Anonym*. **B. 165**, 177
*Lochkarten*, ihre Anwendung in Wissenschaft und Industrie, *Casey, Perry* u. a. **B. 165**, 177
*Lösungs- und Weichmachungsmittel*, *Gnamm* u. *Sommer*, **B. 166**, 62
*Luftverunreinigung*, *Kay*. **R. 166**, 94
*Lysozym*, Denaturierung und elektrophoretisches Verhalten von, *Beychok* u. *Warner*. **R. 167**, 80

*Makroglobuline*, Dissoziation aus menschlichem Serum, *Rees* u. *Resner*. **R. 165**, 189

*Makroglobuline*, physikalisch-chemische Untersuchungen an vier. **R. 166**, 180
—, Viskosität der Lösungen von, *Steel*. **R. 167**, 90
$\alpha_2$-*Makroglobulin*, *Schönenberger, Schmidtberger* u. a. **R. 165**, 191
*Makromolekel*, Anisotropieeinfluß auf die Lichtstreuung, *Stevenson* u. *Bhatnagar*. **R. 165**, 182
—, Helix-Knäuel-Umwandlung bei biologischen, *Gibbs* u. *DiMarzio*. **R. 165**, 179
—, thermodynamische Eigenschaften und Molekül-dimensionen von, *Schulz* u. *Craubner*. **R. 166**, 168
—, Stoffwechselspeicher und —-Synthese, *Cowie* u. *McClure*. **R. 166**, 174
—, viskosimetrische Prüfung der Deformation von —, die den elektrischen Feldern von Ionen ausgesetzt sind, *Néel* u. *Buc*. **R. 167**, 93
*Makromolekel/Lösungsmittel/Nichtlösungsmittel*, Entmischung von Systemen aus, *Mossé*. **R. 167**, 67
*Makromolekulare Stoffe*, chemische Analyse in wäßrigen Lösungen, *Reichberger*. **R. 165**, 196
*Mathematik* für Naturwissenschaftler und Chemiker, *Sirk*. **B. 165**, 174
*Membran*, Problem der — bei osmotischen Messungen, *Ritscher* u. *Elias*
—, Struktur der Cortical-— der Knochenfischeier, *Sterba* u. *Franke*. **R. 166**, 74
*Membranen* des Insekten-Bindewebes, Struktur der, *Richards* u. *Schneider*. **R. 165**, 188
— für osmotische Messungen aus Zelluloseacetat, *Vaughan*. **R. 166**, 185
— von Plasma und Kern, Kontinuität, *McAlear* u. *Edwards*. **R. 166**, 74
*Membranpotential* von Diatomeen, *Geissler*. **R. 166**, 73
*Metachromasie*, Anwendung, *Kelly*. **R. 166**, 74
—, Fluoreszenz- —, *Stockinger*.**R. 166**, 74
—, kolloidchemische, Aspekte der, *Booij*. **R. 166**, 73
—, physikochemische, Grundlagen der, *Scheibe* u. *Zanker*. **R. 166**, 74
*Metalle*, innere Spannungen und Ermüdungserscheinungen bei, *Rassweiler* u. *Grube*. **B. 167**, 66
*Metalloberflächen*, Passivierung und Schutzschichtbildung, *Piatti*. **R. 165**, 203
—, silikatische Schutzschichten auf. *Löbig*. **R. 165**, 204
*Metamyosin*, Heterogenität, *Marcaud-Raeber*. **R. 166**, 79
—, Nachweis und Isolierung von, *Marcaud-Raeber, Schapira* u. a. **R. 166**, 79
—, Vergleich mit Analogen, *Marcaud-Raeber*. **R. 166**, 79
*Methacrylaceton* und seine Polymerisate, *Despić* u. *Kosanović*. **R. 166**, 69
*Methämoglobincyanat*, Dissoziationsgleichgewicht des, *Havemann, Schiller* u. a. **R. 167**, 85
*Methämoglobinfluorid*, Dissoziationsgleichgewicht. 1. u. 2., *Havemann* u. *Schiller*. **R. 166**, 77, 78
*Mie-Theorie*, Näherungsmethode im kolloiden Bereich, *Penndorf*. **R. 165**, 183
*Mikroelektrophorese*, Apparatur für, *Bangham, Flemans* u. a. **R. 166**, 184
*Mikrofiltrationsapparat*, *Iwanov* u. *Schneider*. **R. 166**, 91
*Mikroskop*, wissenschaftliche Grundlagen und Anwendung, *Ehringhaus*. **B. 166**, 163
*Mikroskopie*, Durchlicht-—, *Otto*. **B. 166**, 163
—, Orientierungsbestimmung mittels Lichtfiguren, *Andrä, Gengnagel* u. a. **R. 166**, 90
*Mikrotom*, Ultra-— einfacher Bauart, *von Ardenne* u. *Westmeyer*. **R. 166**, 184
*Milchsäuredehydrogenase aus Hefe*, Reinigung und Reaktionseigenschaften von, *Nygaard*. **R. 167**, 88
*Mineralogie*, spezielle, *Brauns*. **B. 167**, 150
*Mischen*, *Rushton*. **R. 165**, 196
*Mizellen*, Eintritt der zeitabhängigen Organisation in einer homologen —-Reihe, *Nash*. **R. 166**, 178
— von Salzen, Molekulargewicht, *Tartar*. **R. 166**, 76
*Molekularsiebe* in der organischen Chemie, *Löwenberg*. **R. 167**, 70
*Monomolekulare Schichten*, Elastizitätsmoduln in, *Tschoegel*. **R. 165**, 190
— von amphipathischen Verbindungen, Niederschlag von, *Muramatsu*. **R. 166**, 174
*Muskel* von Säugetieren, Na-Transport im, *McLennan*. **R. 165**, 188
*Mutterkornalkaloide*, zur Kenntnis der, *Voigt*. **R. 167**, 72
*Myoglobin*, Biochemie, 6. Einfluß von $\gamma$-Strahlen, *Bernofsky, Fox* u. a. **R. 166**, 77
*Myosin*, Aggregation des, *Lowey* u. *Holtzer*. **R. 167**, 83
—, Hitzekoagulation von, *Locker*. **R. 166**, 83
—, Molekulargewicht, Größe und Gestalt der Molekel von, *Holtzer* u. *Lowey*. **R. 167**, 82
—, Untereinheit, *Kominz, Carroll*. **R. 167**, 77
— vom Krebs, Strömungsdoppelbrechung der, *Maruyama*. **R. 167**, 74
*Myosin B*, Strömungsdoppelbrechung verschiedener Präparate von, *Noda* u. *Maruyama*. **R. 167**, 82
—, Wechselwirkungen mit ATP, *Gellert, v. Hippel* u. a. **R. 165**, 195; *Noda* u. *Maruyama*. **R. 165**, 192
—-*System*, Polymerisationsreaktionen im, *v. Hippel, Gellert* u. a. **R. 165**, 195

*Natrium-dialkyl-sulfobernsteinsäureester*, Leitfähigkeit von oberflächenaktivem, *Miller* u. *Dixon*. **R. 165**, 191
*Neodigoxin*, Isolierung aus den Blättern von Digitalis lanata Ehrh., *Kaiser, Haack* u. a. **R. 167**, 152
*Nicht-Newtonsche Flüssigkeiten*, Ausfließen von, *Kestlicher*. **R. 166**, 166
$\alpha$-*Nitroso-$\beta$-Naphthol*, Bestimmung der Dissoziationskonstante des — in wäßrigen Lösungen, *Tewari*. **R. 167**, 151
*Nitrozellulose*, Einfluß von Cyclohexanzusatz auf die Fällung acetonischer Lösungen von — in Wasser, *Abadie-Maumert*. **R. 167**, 84
*Novolak-Harze*, furfurylierte, *Brown, Watson* u. a. **R.165**, 197
*Nukleinsäuren*, Bedeutung für die Virus-Vermehrung, *Schramm*. **R. 166**, 173
—, UV-Einfluß auf Komponenten der, *Beukers, Ijlstra* u. a. **R. 165**, 187
*Nukleinsäure* aus Viren, Inaktivierung, *Staehelin*
*Nylon 66*, dielektrische Verluste in, *Boyd*. **R. 166**, 187
—, Schrumpfung von Fäden aus — im Dampf, *Munden* u. *Slater*. **R. 167**, 158
*Nylon-Monofils*, Drehmoment in hochgezwirnten, *Mertens*. **R. 165**, 200

*Oberfläche*, Apparatur zur Bestimmung der spezifischen — mittels der Permeabilität von Luft, *Hughes*. **R. 167**, 94
*Oberflächenaktive Anlagerungsprodukte* des Äthylenoxyds, *Schönfeldt*. **B. 166**, 65
*Oberflächenchemie* fester Stoffe, *Gregg* u. *Henning*. **B. 167**, 148
*Oberflächenfilme* von Vinylverbindungen, *Fort*, jr. u. *Alexander*. **R. 166**, 75
*Oberflächenhäutchen* an hochmolekularen Flüssigkeiten, *Koch*. **R. 167**, 74
*Oberflächenphänomene* in Chemie und Physik, *Danielli, Pankhurst* u. a. **B. 166**, 161
*Oberflächenschichten*, Beeinflussung der Metallsinterung, *Clasing*. **R. 165**, 203
*Oberflächenschutz* durch Wirbelsintern und Flammspritzen, *Gemmer*. **R. 165**, 206
*Oberflächenspannung*, Ausschaltung des durch Verdampfung des gelösten Stoffes bedingten Fehlers bei Bestimmung der, *Hommelen*. **R. 167**, 150
—, Einfluß der Tropfengröße bei der Bestimmung, *Dismukes*. **R. 166**, 186

*Oberflächenspannung*, Messung der dynamischen — wäßriger Lösungen, *Defay* u. *Hommelen*. **R. 167**, 154
— von Erdalkaliboraten, *Shartsis*, *Shermer* u. a. **R. 166**, 176
— von flüssigen Oxyden, *Kingery*. **R. 165**, 184
— von Flüssigkeiten am kritischen Punkt, *Barbulescu*. **R. 165**, 178
— von Metallschmelzen, *Metzger*, **R. 166**, 175
*Oberflächenspannungsmessungen*, maßanalytische Bestimmung der Kresolisomeren mittels, *Angelescu* u. *Davidescu*. **R. 166**, 75
*Oberflächenviskosität*, Messung der, *Knor*, *Kalousek* u. a. **R. 167**, 74
*Organische Chemie*, Einführung in die theoretische, *Staab*. **B. 166**, 57
*Osmometer*, Kinetik des Einstellvorganges im, *Schulz* u. *Kuhn*. **R. 166**, 165
*Osmoregulation* bei dem Salzflagellaten Choanogaster, *Pochmann*. **R. 167**, 72
*Osmotische Eigenschaften* von Zellkernen, *Battin*. **R. 167**, 70
*Oszillographen-Meßtechnik*, *Czech*. **B. 167**, 66
*Ovalbumin*, Bestimmung der Sulfhydrylgruppen in, *Katyal* u. *Gorin*. **R. 167**, 85
—, Wechselwirkung mit Detergentien, *Aoki* u. *Hori*. **R. 167**, 80

*Papier*, Bestimmung des Leimungsgrades von, *Simionescu* u. *Poppel*. **R. 167**, 94
*Papierchromatographie*, Eindringen von Flüssigkeiten bei der, *Nakagaki* u. *Osagawa*. **R. 166**, 167
—, Einfluß der Molekelstruktur auf den $R_F$-Wert, *Dikstein*. **R. 165**, 181
— der Thiophosphate, *Steger* u. *Seener*. **R. 166**, 95
—, Isolierung und Identifizierung von Guanin-Nukleotiden, *Gerlach* u. *Fikentscher*. **R. 167**, 70
—, neue Farbreaktion zum Nachweis organischer Säuren bei der, *Schlögl*. **R. 167**, 155
*Papierelektrophorese*, Albuminspur bei der — von Proteinen, *Ycoman*. **R. 165**, 190
—, Einführung in die — und verwandte Methoden, *Lederer*. **B. 166**, 162
—, Problem der Anfärbung von Serumproteinen bei der, *Scardi* u. *Bonavita*. **R. 166**, 185
— von verdünnten Proteinlösungen, *Hjertén*. **R. 166**, 93
*Papierextrakte*, Reinigung, *Oertel* u. *Eik-Nes*. **R. 167**, 95
*Papier-Ionophorese* und Papierchromatographie, modifiziertes Verfahren, *Runeckles* u. *Krotkov*. **R. 166**, 93
*Passivität*, Adsorptionstheorie der, *Uhlig*. **R. 165**, 205
*Pepsin*, Komplex mit menschlichen Mercaptalbuminen, *Foster*, *Baronowsky* u. a. **R. 167**, 87
*Peptide*, Mechanismus der biochemischen und chemischen Synthese von, *Lautsch*. **W. K. 166**, 55. **Berichtig. 167**, 159
—, Strahlenschädigung von, *McCormick* u. *Gordy*. **R. 166**, 167
*Peptidketten*, Mechanismus der Elektronenleitung in, *Lautsch*. **W. K. 167**, 144
*Perlon*, Drehungsbestimmung an fixierten —-Monofil-Fäden, *Wegener*. **R. 165**, 200; **166**, 186
—, elektronenmikroskopische Darstellung der großen Längsperiode bei, *Hess*, *Gütter* u. a. **R. 166**, 96
—, Festigkeit und Dehnung von Fäden aus, *Hähnel*, *Steffens* u. a. **R. 166**, 183
*Permeabilität*, Untersuchungen an Parenchymzellen der Blattrippen, *Höfler*. **R. 167**, 71
*Pflanzen*, Salztoleranz der, *Repp*. **R. 167**, 72
*Pfropfmischpolymere*, Entwicklungsrichtungen bei Synthese und Anwendung von, *Berlin*. **R. 167**, 91
*Phasengleichgewicht* $ThO_2/SiO_2$, *Harris*. **R. 165**, 186
*Phenol-Formaldehyd-Harze* als Ausrüstungsmittel für Baumwollgewebe, *Chance*, *Perkerson* u. *McMillain* **R. 167**, 158
*Phosphate*, kondensierte, *Thilo*. **R. 167**, 69
*Phosphatide*, Bromolyse von Phosphatiden, *Marinetti*, *Temple* u. a. **R. 167**, 87
*Photochemie*, präparative organische, *Schönberg* u. *Schenck*. **B. 165**, 172
*Photographische Schichten*, Verhalten in $H_2O_2$-Dampf, *Eggert* u. *Yügelen*. **R. 165**, 185
*Physik*, Fortschritte der chemischen, *Prigogine*. **B. 166**, 165
— des experimentellen Arbeitens, *Braddick*. **B. 166**, 64
*Physikalische Chemie*, kurzes Lehrbuch der, *Ulich* u. *Jost*. **B. 167**, 63
*Pigmente*, Nachweis durch Infrarot-Spektroskopie. *Harkins*, *Harris* u. a. **R. 166**, 94
*Pillingbildung*, Mechanismus der, *Gintis* u. *Mead*. **R. 167**, 150
*Plasma*, s. auch Serum
*Plasma*, Aufbau des — und Permeabilität, *Höfler*. **R. 167**, 152
*Plasma-Fibrinogen*, Schnellbestimmung, *Podmore*. **R. 165**, 196
*Plasmalemma*, Untersuchungen über das — von Meeresalgen, *Diannelidis* u. *Mitrakos*. **R. 167**, 152
*Plasmolyse* von Laubmoosen, *Steinlesberger*. **R. 167**, 72
*Polarisationsgrad*, Messung mit Hilfe eines kompensierenden Glasplattensatzes, *Kawaki*. **R. 167**, 67
*Polarisationsmikroskopische Methoden*, Grenzen in der Zahnhistologie, *Helmcke*. **R. 166**, 91
*Polarographie*, Bestimmung von organischen Substanzen, die in der Gummi-Industrie verarbeitet werden. *Mocker*. **R. 167**, 155
—, polarographische Momentanströme, *Weber*. **R. 167**, 68
—, Theorie des Stromes bei der Regenerierung des Depolarisators, *Weber*. **R. 167**, 68
—, Unterdrückung des Maximums durch Zusätze, *Khalafalla*, *Shams el Din* u. a. **R. 167**, 67
*Poliomyelitisvirus*, Adsorption an Cholesterol, *Kritchevsky* u. *McCandless*. **R. 166**, 76
*Polyacrylate* und Polymethacrylate, Einflüsse energiereicher Strahlung auf, *Schultz*. **R. 166**, 87
*Polyacrylnitril*, Pyrolyse, *Skoda*, *Schurz* u. a. **R. 166**, 87
*Polyamide*, Molekelbewegung in, *Slichter*. **R. 166**, 87
*Polyamide*, morphologische Strukturen von, *Eppe*, *Fischer* u. a. **R. 167**, 91
*Polyamin-Harze* für die Ausrüstung hydrophober Fasern, *Valko* u. *Tesoro*. **R. 165**, 201
*Poly-ε-aminocaproyl-α-Alanine*, Art der Trypsinwirkung auf synthetische, *Ebata*. **R. 166**, 182
—, Trypsinwirkung auf synthetische, *Ebata*. **R. 166**, 182
*Polyäthyl-α-chloracrylat*, Lactonisierung von, *Smets* u. *Flore*. **R. 166**, 171
*Polyäthylen, Bestimmung* von Aluminium und Titan in, *Bolleter*. **R. 165**, 197
—, Deformation von, *Hendus*. **O. 165**, 32
—, Grenzflächeneigenschaften von, *Allan*. **R. 166**, 75
—, Kleinwinkelstreuung beim Strecken von, *Keller*. **O. 165**, 34
—, Molekelbewegung in, *McCall*, *Douglass* u. a. **R. 166**, 183
—, Molekulargewichtseinfluß auf die Kristallinität von, *Tung* u. *Buckser*. **R. 166**, 90
—, morphologische Strukturen von, *Eppe*, *Fischer* u. a. **R. 167**, 91
—, Orientierung von, *Stein*. **R. 167**, 96
—, Struktur, *Gubler* u. *Kovacs*. **R. 167**, 91
—, Untersuchungen an —-lösungen, *Raman* u. *Hermans* **R. 166**, 86
— und andere Polyolefine, *Hagen*. **B. 166**, 162

*Polyäthylenglykolterephthalat*, Fraktionierung von, *Moore* u. *Sheldon*. **R. 166**, 190
*Polyäthylenterephthalate*, spannungsinduzierte Kristallisation in, *Thompson*. **R. 167**, 92
*Polyäthylen-Vorbehandlung* und -Bedruckbarkeit, *Kreidl*. **R. 166**, 95
*Polybutadien*, Bestimmung der Verteilung der ungesättigten Gruppen, *Silas*, *Yates* u. a. **R. 166**, 94
—, physikalisch-chemische Untersuchung der Eigenschaften eines, *Ribeyrolles*, *Guyot* u. a. **R. 167**, 93
—, Struktur von cyclisiertem, *Shelton* u. *Lee*. **R. 165**, 198
*Poly-n-butylmethacrylat*, dynamisch-mechanische Eigenschaften von, *Saunders*, *Stern* u. a. **R. 166**, 88
*Polycarbonate*, *Schnell*. **R. 166**, 170
—, dielektrische Messungen an, *Krum*. **O. 165**, 77
—, physikalische Konstanten von — in Lösung, *Schulz* u. *Horbach*. **R. 166**, 90
*Polycapronamid*, mesomorphe $\beta$-Form und Umwandlung in die kristalline $\alpha$-Form, *Ziabicki*. **O. 167**, 132
*Poly-1,3-cyclohexadien*, Darstellung von, *Marvell* u. *Hartzell*, **R. 166**, 70
*Poly-n-dodecylmethacrylat*, dynamisch-mechanische Eigenschaften von, *Kurath*, *Yin* u. a. **R. 166**, 88
*Poly-n-dokosylmethacrylat*, dynamisch-mechanische Eigenschaften von, *Saunders* u. *Ferry*. **R. 166**, 88
*Polyelektrolyte*, anorganische, *Graham*-Salz, *Chatterij* u. *Bhargava*. **R. 165**, 184
—, Dispersion des Orientierungsfeldeffektes von, *Schwarz*. **R. 166**, 168
—, Ioneneigenschaften von, *Bourdais*. **R. 165**, 181
—, osmotischer Druck der Lösungen von, *Inagaki* u. *Hirami*. **R. 166**, 166
—, Ultraschallgeschwindigkeit und adiabatische Kompressibilität in Lösungen von, *Sohma*. **R. 166**, 87
—, Verhalten gegen Halogenionen, *Woermann*. **R. 166**, 178
—, 2. Virialkoeffizient von, *Orofino* u. *Flory*. **R. 166**, 165
*Polyelektrolytmolekeln*, Potential in Lösungen einfacher Elektrolyte, *Strauss*. **R. 165**, 179
*Polyester*, Analyse von — mittels Papierchromatographie, *Arendt* u. *Schenck*. **R. 167**, 154
—, chromatographische Analyse der Dicarbonsäuren in, *Fijolka*, *Kayler* u. a. **R. 167**, 155
— von Bisphenolen, thermoplastische, *Conix*. **R. 166**, 89
— von Milchsäure, hochmolekulare, *Kleine*, *J.* u. *H.-H. Kleine*. **R. 166**, 69
*Polyesterfasern*, Weiß- und Buntätzen von, *Bertolina* u. *Broggi*. **R. 165**, 201
*Polyfluormonochloräthylen*, Temperaturabhängigkeit des Verlustfaktors, *Illers* u. *Jenckel*. **O. 165**, 84
*Polyhexamethylen-Adipinamid*, s. Nylon 66
*Polyisobuten*, Abbau von, *Porter* u. *Johnson*. **R. 166**, 89
*Polyisobutylen*, Präzisionsviskosimetrie von, *Zweegman* u. *Hermans*. **R. 166**, 183
—, $\gamma$-Strahlenchemie des — in Lösung, *Henglein* u. *Schneider*. **R. 166**, 183
*Poly-D,L-lysin*, Synthese von, *Hayakawa*, *Onchi* u. a. **R. 166**, 71
*Polymere*, analytische Chemie der. 1. *Kline*. **B. 166**, 64
—, Beeinflussung der inneren Dämpfung von vernetzten, *Illers* u. *Jenckel*. **O. 165**, 73
—, Bestimmung der Löslichkeitskonstanten von Gasen in, *Michaels* u. *Parker*, jr. **R. 166**, 89
—, Diffusionstheorie der Viskoelastizität, *Mooney*. **R. 167**, 157
—, Einkettentheorie des Abbaus von, *Nanda* u. *Pathria*. **R. 165**, 179
—, Fraktionierung durch Fällungs-Chromatographie, *Caplan*. **R. 166**, 92
—, lineare und stereo-reguläre Additions-—, *Gaylord* u. *Mark*. **B. 165**, 177
*Polymere*, Messung der Übergangstemperaturen in, *Rybníkár*. **R. 167**, 94
—, N-Kettentheorie des Abbaus, *Pathria* u. *Nanda*. **R. 165**, 179
—, Phasengleichgewicht in ternären Systemen unter Beteiligung von, *Sakurada*, *Nakajima* u. a. **R. 166**, 66
—, Problem der schwachen und starken Bindungen beim Abbau von, *Pathria* u. *Nanda*. **R. 166**, 167
—, reduzierte Darstellung des dielektrischen Spektrums bei Hoch-—, *Müller* u. *Huff*. **O. 166**, 44
—, Spannungsrelaxation und Deformationsretardation von Hoch-—, *Becker*. **O. 166**, 4
—, sterische Effekte bei vernetzten, *Blanchard* u. *Wootton*. **R. 167**, 91
—, Synthese von Metallkomplexe bildenden — mit Gehalt an verschiedenen funktionellen Gruppen, *Davies*, *Kennedy* u. a. **R. 167**, 69
—, Theorie des statistischen Abbaues von, *Nanda* u. *Pathria*. **R. 165**, 179
—, Untersuchung der Adsorptionskomplexe von —, mit grenzflächenaktiven Substanzen, *Saito* u. *Hirata*. **O. 165**, 162
—, Vernetzung mit Dimalonsäureimiden, *Kovacic* u. *Hein*. **R. 166**, 71
—, Zustandsgleichung für lineare — in monomolekularen Schichten, *Kawait*. **R. 166**, 75
*Polymere Acroleine*, Molekulargewichte von, *Schulz*, *Müller* u. a. **R. 166**, 90
—, UR-Spektren von, *Schulz*, *Cherdron* u. a. **R. 166**, 85
*Polymer-Elastizität*, Einfluß von Einschränkungen des Bindungswinkels auf die —, *Flory*, *Hoeve* u. a. **R. 165**, 181
*Polymere Lösungen*, 2. Virialkoeffizient von, *Koyama*. **R. 165**, 181
*Polymerisate*, Elektronenspinresonanz an eingeschlossenen Radikalen in, *Atherton*, *Melville* u. a. **R. 167**, 90
— von $\alpha$-Olefinen, Eigenschaften von Homo-—, *Natta*. **R. 167**, 92
— von Vinylchloriden, Wirkung kleiner Weichmacher-Konzentrationen in, *Fuchs* u. *Frey*. **R. 167**, 151
*Polymerisation*, Einfluß der Phasentrennung auf die Geschwindigkeit der heterogenen, *Palit* u. *Guha*. **R. 166**, 169
—, Schwefelwasserstoff als Kettenüberträger bei der, *Breitenbach* u. *Olaj*. **R. 166**, 69
— und Ringspannungen in bicyclischen Brückenverbindungen, *Hall*, jr. **R. 165**, 187
— von Acetylenderivaten, *Davis* u. *Hunter*. **R. 167**, 69
— von Acrylnitril, Kinetik der, *Bamford*, *Jenkins* u. a. **R. 166**, 169
— von Aminoacetonitril, *Hanafusa* u. *Akabori*. **R. 167**, 70
— von Äthylen, Katalysatoren, *Feller* u. *Field*. **R. 166**, 69
— von Äthylen mit oxydischen Katalysatoren, *Mihail*, *Chicos* u. a. **R. 166**, 70
— von cyclischen Estern, Urethanen, Ureiden und Imiden. *Hall*, jr. u. *Schneider*. **R. 165**, 187
— von L-Glutaminsäure-$\gamma$-benzylester-N-carbonsäureanhydrid, *Ritchard*. **R. 166**, 170
— von Isobuten, strahleninduzierte, *Davison*, *Pinner* u. a. **R. 167**, 69
— von Kieselsäure, Beeinflussung durch organische Verbindungen, *Richardson*. **R. 167**, 68
— von Lactamen, *Hall*, jr. **R. 165**, 186
— von Methyl-Isopropenyl-Keton, *Brown*, *Berardinelli*. **R. 166**, 69; *Chaudhuri* u. *Basu*. **R. 166**, 69
— von Schmierölen durch stille elektrische Entladungen, *Gotoda*. **R. 166**, 96

*Polymerisation* von Styrol, Emulsions-—. *Edelhauser* u. *Breitenbach*. **R. 166**, 170
— von Styrol, Sensibilisierung durch Cyaninfarbstoffe, *Watanabe*. **R. 167**, 70
— von Styrol, Traceruntersuchungen der, *Bevington, Toole* u. a. **R. 165**, 186
— von Styrol, trimolekulare thermische Startreaktion bei, *Hiatt* u. *Bartlett*. **R. 166**, 71
— von substituiertem ε-Caprolactam, *Yumoto*. **R. 166**, 70
— von Vinylacetat, Kinetik der thermischen, *Guzmán* u. *Delgado*. **R. 166**, 65
— von Vinylchlorid im Harnstoffkomplex, *Sakurada* u. *Nambu*. **R. 166**, 72
— von Vinylestern aliphatischer Carbonsäuren, *Kurian* u. *Muthana*. **R. 166**, 70
— von Vinylestern höherer Fettsäuren, *Kurian* u. *Muthana*. **R. 166**, 170
— von Vinylverbindungen, Radikale bei der heterogenen, *Bamford, Jenkins* u. a. **R. 166**, 169
— von Vinylverbindungen, Sonderfälle, *Jenkins*. **R. 165**, 187
*Polymerstrukturen*, Charakterisierung durch helikale Gitternetze, *Hughes*. **R. 166**, 166
*Polymethacrylat-Anion*, Bindung von Kationen, *Jensen, Basolo* u. a. **R. 166**, 89
*Polymethacrylnitril*, Spektren und Hitzeverfärbung von, *Skoda* u. *Schurz*. **R. 166**, 85
*Polymethylene* und Struktur von Polyäthylen, *Willbourn*. **R. 167**, 92
*Polynukleotide*, Wechselwirkung zwischen Polyriboadenyl- und Polyribouridylsäure, *Steiner* u. *Beers*. **R. 167**, 90
—, Wechselwirkungen zwischen synthetischen — und Farbstoffen, *Steiner* u. *Beers*. **R. 167**, 92
*Poly-n-octylmethacrylat*, mechanische Eigenschaften von, *Berge, Saunders* u. a. **R. 166**, 88
*Polyolefine*, Lösungsviskositätsmessungen bei handelsüblichen, *Weßlau*. **R. 167**, 155
*Poly-α-olefine*, Katalysatoren bei der Darstellung kristalliner, *Topchiev, Krentsel*. **R. 167**, 69
*Polypeptide*, Herstellung hochmolekularer, *Blout* u. *DesRoches*. **R. 166**, 68
—, Monoschichten von. 2. Oberflächenviskosität und Typen, *Ikeda* u. *Isemura*. **R. 167**, 75
*Polypeptidkette*, Konfiguration, *Tsuboi, Shimanouchi* u. a. **R. 165**, 179
*Polypeptidlösungen*, dielektrische Eigenschaften, 2. u. 3., *Wada*. **R. 165**, 180
*Polyphosphate*, Phasengleichgewicht von, *Diamond*. **R. 165**, 184
—, Viskosität von Schmelzen von, *Griffith* u. *Callis*. **R. 166**, 66
— des Ca, *Ohashi* u. *van Wazer*. **R. 166**, 66
*Polypropylen*, chemische Reaktion von, *Kawai* u. *Tsutsumi*. **R. 167**, 92
*Polysaccharasesystem*, Fraktionierung eines, *Wolf, Jurkovich* u. a. **R. 167**, 73
*Polysaccharide* der Zellwand, Isolierung zweier, *Földes*. **R. 167**, 71
*Poly-D,L-serin*, Synthese von, *Noguchi, Saito* u. a. **R. 166**, 72
*Polystyrol*, Angriff von — durch Insektenlarven, *Eggert* u. *Hopff*. **R. 167**, 155
—, Bestimmung der Molekulargewichtsverteilung von, *Cantow*. **R. 166**, 88
—, Einfluß des Geschwindigkeitsgradienten auf die Viskosität von Lösungen von, *Guzmán* u. *Fatou*. **R. 166**, 86
—, Gegenwart und Zukunft von, *Beck*. **R. 167**, 155
*Polystyrol*, Gestalt von isotaktischem, *Krigbaum, Carpenter* u. a. **R. 166**, 89
—, kernmagnetische Resonanzmessungen an weichgemachtem, *Kosfeld* u. *Jenckel*. **O. 165**, 136
—, laboratoriumsmäßige Darstellung von isotaktischem. *Overberger, Ang* u. a. **R. 166**, 171
—, magnetische Untersuchung der Orientierung der Molekelketten in gestrecktem, *Joussot-Dubien*. **R. 167**, 92
—, Molekulargewichte unverzweigter und verzweigter Formen von, *Meyerhoff* u. *Cantow*. **R. 167**, 91
—, Selbstverzweigung und Übertragungsreaktion an, *Henrici-Olivé, Olivé* u. a. **R. 166**, 183
*Polysulfide*, Änderung der Kettenlänge bei Lichteinwirkung, *Postovskaya, Salimov* u. a. **R. 165**, 198
*Polysulfid-Polymere*, flüssige, *Göbel*. **R. 166**, 95
*Polytetrafluoräthylen*, Darstellung von *Pfropfmischpolymeren* des, *Chapiro*. **R. 166**, 169
—, elastisches Verhalten von, *Becker*. **O. 167**, 44
—, Temperaturabhängigkeit des mechanischen Verlustfaktors von, *Illers* u. *Jenckel*. **O. 165**, 84
—, UR-Spektrum, *Moynihan*. **R. 166**, 85
4,6-*Polyurethan*, Schmelzen und Kristallisieren des, *Kilian* u. *Jenckel*. **O. 165**, 25
*Polyurethanelastomere*, Härtung von — mit Peroxyden, *Gruber* u. *Keplinger*. **R. 165**, 197
*Polyvalylproteine*, *Stracher* u. *Becker*. **R. 165**, 195
*Polyvinylacetat*, Dampfdruck in Lösungen von, *Nakajima, Yamakawa* u. a. **R. 166**, 93
—, Extraktionsfraktionierung von, *Beresniewicz*. **R. 166**, 171
*Polyvinylalkohol*, Dampfdruck im System mit Wasser, *Sakurada, Nakajima* u. a. **R. 166**, 86
—, Extraktionsfraktionierung von, *Beresniewicz*. **R. 166**, 171
*Polyvinylchlorid*, Dehnung und Schrumpfung von Folien aus, *Haldenwanger*. **R. 167**, 155
—, elastisches Verhalten von — bei statischer und dynamischer Beanspruchung, *Sommer*. **O. 167**, 97
—, Mechanismus des Abbaus und Stabilisierung von, *Winkler*. **R. 166**, 87
—, thermische Zersetzung von, *Stromberg, Straus* u. a. **R. 166**, 171
*Polyvinylisobutyläther - Dekahydronaphthalin*, dielektrische Untersuchungen am Mischsystem, *Müller* u. *Huff*. **O. 166**, 47
*Polyvinylmethylglyoxim*, Darstellung, *Andelman, Hoeschele* u. a. **R. 166**, 68
*Polyvinylpyrrolidon*, Oberflächenpfropfung unter dem *Einfluß* von γ-Strahlung, *Henglein* u. *Schnabel*. **R. 166**, 96
*Porenverteilung* fester Stoffe, Bestimmung aus den Adsorptionsisothermen des Argons, *Danes* u. *Nováková*. **R. 167**, 75
*Properdin*, Isolierung, *Spicer, Priester* u. a. **R. 167**, 80
*Proteide* der biologischen Flüssigkeiten, *Peeters*. **B. 165**, 178; **166**, 162
*Protein* des Gurkenvirus, Isolierung von Acetylpeptid aus, *Narita*. **R. 166**, 83
— des Tabakmosaikvirus, Aminosäurensequenz, *Ramachandran* u. *Gish*. **R. 167**, 83
— des Tabakmosaikvirus, Reaktionen, *Ramachandran* u. *Narita*. **R. 165**, 192
*Proteinanaloge*, Synthese von, 17., *Noguchi* u. *Saito*. **R. 166**, 72
*Proteine*, amperometrische Titration der Disulfid- u. Sulfhydrylgruppen in, *Carter*. **R. 166**, 179
—, Bestimmung der Beweglichkeit der freien — durch Papierelektrophorese. 1., *Schilling* u. *Waldmann-Meyer*. **R. 166**, 80; 2., *Waldmann-Meyer* u. *Schilling*. **R. 166**, 81

*Proteine*, Diffusion durch Schichtgele, *Wunderly*. **R. 166**, 85
—, Einfluß der Nettoladung von — auf die Bildungsgeschwindigkeit von Enzym-Substratkomplexen, *Hammes* u. *Alberty*. **R. 167**, 77
—, Herstellung fluoreszenz-markierter, *Uehleke*. **R. 165**, 192
—, Methode zur Untersuchung von Monoschichten der, *Cheesman* u. *Sten-Knudsen*. **R. 167**, 154
—, Interpretation der Pherogramme von, *Cann*. **R. 167**, 77
—, Nachweis der Sekundärstruktur fibrillärer, *Harrington, von Hippel* u. a. **R. 166**, 82
—, Papierelektrophorese und Subfraktionierung von, *Yeoman*. **R. 167**, 95
—, Pathophysiologie der Blutkammerwasserschranke für, *Remsky*. **R. 165**, 189
—, photometrische Bestimmung von, *Heinzel* u. *Neuhoff*. **R. 166**, 95
—, Reaktion zwischen Sulfid und, *Bailey* u. *Cole*. **R. 166**, 179
—, Solubilisationseigenschaften der Komplexe aus — und Detergentien, *Blei*. **R. 167**, 86
— aus Erdnuß, Wirkung von Natriumsalizylat auf die, *Naismith*. **R. 166**, 79
— aus Federn, hydrolytische Spaltung von, *Veliký* u. *Kossaczka*. **R. 165**, 193
— aus Granulafraktionen, Elektrophorese löslicher, *Caravaglios* u. *Franzini*. **R. 167**, 71
— aus Organen, Isolierung und Trennung von, *Kessel*. **R. 165**, 193
— aus Serum, Isolierung der α- und β-Globulinfraktionen, *Rehnek* u. *Skvaril*. **R. 167**, 89
— aus Serum, quantitative Bestimmung von papierelektrophoretisch getrennten, *Mejbaum-Katzenellenbogen* u. *Dobryszycka*. **R. 167**, 95
— aus Serum, Übereinstimmung der Ergebnisse verschiedener Elektrophoresemethoden, *Moretti, Boussier* u. a. **R. 166**, 92
— aus Serum von Ratten, Vitamin $B_{12}$-Bindung, *Mulgaonkar* u. *Sreenivasan*. **R. 166**, 73
— aus Sojabohnen, carboxymethylierte, *McKinney* u. *Uhing*. **R. 166**, 83
— aus Wolle, lösliche. 1. u. 2., *Harrap* u. *Woods*. **R. 165**, 194
— mit Zuckerkomponenten, Analyse, *Bourrillon* u. *Michon*. **R. 166**, 94
*Proteinsynthese*, Mikrosomen und, *Roberts*. **B. 165**, 178
*Protohämoglobin* vom Menschen, Sauerstoffgleichgewicht an regeneriertem, *Rossi-Fanelli* u. *Antonini*. **R. 167**, 79
*Protoplasma*, Geschwindigkeit der Wasserdiffusion, *Dick*. **R. 167**, 71
*Protoplasmatologia*, Bd. I u. II, *Heilbrunn*. **B. 165**, 178

*Quarz* und Rutil, Löslichkeit und Adsorptionseigenschaften von, *Brown, Jaap* u. a. **R. 165**, 184
*Quarzoberflächen*, Aufwachsen von Oligopeptiden auf, *Seifert*. **R. 167**, 70
*Querstreifungsabstände* in der Muskulatur, mikroskopische Bestimmung der, *Gradman* u. *Hort*. **R. 166**, 91

*Racemische Verbindungen*, gas-chromatographische Spaltung von, *Karagounis* u. *Lippold*. **R. 165**, 95
*Radiotherapie*, Modifizierung der Reaktion gegenüber— durch chemische Verbindungen, *Cohen, L.* u. *A. Cohen*. **R. 167**, 73
*Rauche* von Metallhaliden, Untersuchungen über Hydration von — mit Elektronenbeugung, *Suzuki*. **O. 167**, 23
*Redoxpotentiale* in Gewebeaufschlämmungen der Kartoffelknolle, *Rummeni*. **R. 167**, 72
*Reibung* und Verschleiß, *Davies*. **B. 167**, 66
*Reinigung*, Mechanismus der, *Harker*. **R. 165**, 201
*Rekristallisation* von Kupfer, *Schäfer*. **R. 165**, 204
*Relaxationserscheinungen*, molekulare Theorie der linearen und nichtlinearen, *Schwarzl*. **O. 165**, 88
*Retina* des Einsiedlerkrebses, Bedeutung von Alkalionen für das Belichtungspotential der, *Stieve*. **R. 167**, 152
*Rheologie* disperser Systeme, *Mill*. **B. 165**, 177; **167**, 149
—, Transactions of the Society of Rheology, Vol. II, *Andrews*. **B. 166**, 165
*Rhodopsin*, Reinigung von, *Bowness*. **R. 166**, 81
*Ribonuklease*, Bedeutung der Wasserstoff- und Disulfidbindungen für die Antigen-Struktur der, *Brown, Delaney* u. a. **R. 167**, 73
—, Beziehung zwischen Disulfitbindungen und Aktivität in, *Resnick, Carter* u. a. **R. 166**, 180
—, Einfluß der Sekundärstruktur auf die Aktivität von, *Kalnitsky* u. *Resnick*. **R. 166**, 180
—, Isolierung u. Charakterisierung, *Åqvist* u. *Anfinsen*. **R. 167**, 88
— aus Pankreas von Rind und Schaf, Strukturvergleich, *Anfinsen, Åqvist* u. a. **R. 167**, 88
*Ribonukleinsäure*, Untersuchung der aktiven, *Rolley* u. *Merrill*. **R. 167**, 83
— aus Rattenleber, hochmolekulare, *Laskov, Margoliash* u. a. **R. 167**, 87
*Röntgenapparat* für Pulveraufnahmen bei Erhitzung, *Rowland, Weiss* u. a. **R. 165**, 197
*Röntgen-Emissions- und Absorptions-Analyse*, *Sagel*. **B. 167**, 66
*Rühren*, zur Kenntnis des, *Steidl*. **R. 167**, 68
*Ruß*, Bestimmung der spezifischen Oberfläche von, *Kodera* u. *Onishi*. **R. 166**, 167
—, Substruktur und Kristallitwachstum bei, *Kuroda* u. *Akamatu*. **R. 165**, 185
*Rutil*, Defekt-Struktur von, *Hurlen*. **R. 166**, 67

*Schallgeschwindigkeiten*, Gerät zur Messung von — in drahtförmigen Proben, *Dick* u. *Müller*. *O*. **166**, 113
*Schaumfilme*, elektrostatischer Druck in — aus wäßrigen Elektrolytlösungen, *Scheludko* u. *Exerowa*. **O. 165**, 148
*Schaumstabilität*, *de Vries*. **B. 165**, 173
*Schaum-Tonerdezement*, Entwicklung eines, *Zimmermann*. **R. 165**, 202
*Schmelzen*, Eigenschaften metallischer. 15., *Gebhardt* u. *Köstlin*. **R. 165**, 203
*Schmieröle*, massenspektrographische Analyse, *André* u. *O'Neal*, jr. **R. 166**, 192
*Schutzüberzüge*, *Swann, Adams* u. a. **R. 166**, 94
*Sedimentation* in der Ultrazentrifuge. mathematische Analyse der Geschwindigkeitsgradientenkurve, *Gehatia*. **O. 167**, 1
*Sedimentationsgeschwindigkeit*, Theorie der, *Fujita* u. *MacCosham*. **R. 165**, 180
*Sedimentationskoeffizienten*, Druck- und Konzentrationsabhängigkeit von, *Elias*. **R. 165**, 180
*Sedimentvolumen*, numerische Behandlung des Problems des, *Vold*. **R. 166**, 66
— von Pulvern, Einfluß von Dichte und Viskosität von Flüssigkeiten auf das, *Kuno*. **W. K. 166**, 54
*Seidenfibroin*, Aminosäuresequenzen in, *Ziegler* u. *Spoor*. **R. 167**, 88
—, Monoschichten lösliche von, *Tachibana* u. *Yoshida*. **R. 166**, 182
*Seifenlösungen*, Adsorption an der Oberfläche verdünnter, *Flengas* u. *Rideal*. **R. 166**, 175
*Sekrete* aus der Speicheldrüse des Menschen, Komponenten in den, *Patton* u. *Pigman*. **R. 167**, 151

*Serum*, Fluoridbestimmung im, *Singer* u. *Armstrong*. **R. 166**, 95
— von Hyphen, Konfiguration des — und Vitalfärbbarkeit, *Krisai-Knyrim*. **R. 167**, 71
— vom Menschen, Deutung der Albuminbanden in Ultrazentrifugenaufnahmen vom, *Ganguli* u. *Chatterjee*. **R. 167**, 81
— vom Menschen, Einfluß der Ionenstärke auf die Denaturierung des, *Gibbs* u. *Chanutin*. **R. 167**, 85
— vom Menschen, immuno-elektrophoretische Untersuchung, *Fine* u. *Loeb*. **R. 166**, 82
— vom Menschen, schnellwandernde Albumine im, *Karjala* u. *Nakayama*. **R. 166**, 172
*Serumalbumin*, Molekulargewicht, *Charlwood*. **R. 166**, 81
—, Wechselwirkung mit Zinkionen, *Vodrázka*. **R. 167**, 90
— vom Menschen, Abbau durch Enzyme, *Kaminski* u. *Tanner*. **R. 166**, 172
— vom Menschen, Molekulargewicht nach Reduktion und Alkylierung der Disulfidbrücken, *Hunter* u. *McDuffie*. **R. 167**, 82
— vom Menschen, Rotationsdispersion eines —-Azofarbstoff-Komplexes, *Winkler* u. *Markus*. **R. 166**, 182
— vom Menschen, Thyroxinbindung durch, *Rabinovitch*. **R. 167**, 84
— vom Menschen, Verfolgung der Wärmedenaturierung durch elektronenmikroskopische Aufnahme, *Bartl* u. *Sedláček*. **R. 167**, 84
— vom Menschen, Verhalten in sauren Lösungen, *Štokrová* u. *Sedláček*. **R. 167**, 90
— vom Rind, Eigenschaften von denaturiertem, *Maurer*. **R. 167**, 83
— vom Rind, makromolekulare Abbauprodukte des, *Richard* u. *Kegeles*. **R. 166**, 79
— vom Rind, modifiziertes, *Ram* u. *Maurer*. **R. 167**, 89
— vom Rind, Reaktionsfähigkeit der Sulfhydryl- und Disulfidgruppen in Lösungen, *Kolthoff*, *Anastasi*. **R. 167**, 78
— vom Rind, Temperatureinfluß auf monomolekulare Schichten von, *Llopis* u. *Albert*. **R. 167**, 79
— vom Rind, UV-spektroskopische Untersuchung von, *Williams* u. *Foster*. **R. 166**, 84
— vom Rind, Verbindungen mit Steroiden, *Erlanger Borek* u. a. **R. 167**, 89
— vom Rind, Wechselwirkung mit Antikörpern, *Ram* u. *Maurer*. **R. 167**, 79
— vom Rind, Wechselwirkung mit schwefelhaltigen Verbindungen, *Burkhard*, *Lothers* u. a. **R. 167**, 78
— und $\gamma$-Globulin vom Rind, viskoelastisches Verhalten monomolekularer Schichten, *Llopis* u. *Albert*. **R. 166**, 78
*Serumamylase*, elektrophoretisches Verhalten von, *McGeachin* u. *Lewis*. **R. 167**, 79
*Serumfibrinogen*, s. Plasma-Fibrinogen
*Serumglobuline* vom Menschen, Nichtidentität der Makroglobuline, *Putnam*. **R. 167**, 83
*Siebböden*, Verwendung von, *Wolff*. **R. 165**, 206
*Silberjodid*, elektronenmikroskopische Untersuchung von, *Horne* u. *Ottewill*. **R. 165**, 185
*Silberkeime*, Bildung und Wachstum an Halogensilberkörnern, *Klein* u. *Martejec*. **R. 166**, 66
*Silicium*, Teil C. *Gmelins* Handbuch der anorganischen Chemie. **B. 167**, 65
*Siliciumdioxyd-Pulver*, Löslichkeit und Benetzungswärme von, *Paterson* u. *Wheatley*. **R. 166**, 67
*Silikatchemie*, Einführung in die, *Jewstropjew* u. *Toropow*. **B. 167**, 63
*Silikate*, Natur der Arten in Natriumsilikatlösungen, *Greenberg*. **R. 165**, 184
*Silikatgläser*, dielektrische Verluste von, *Rinehart* u. *Bonino*. **R. 165**, 202
*Silikone*, Chemie der, *Hunyar*. **B. 167**, 147
*Sinterbronze* mit hoher Festigkeit und Dehnung, *Schreiner*. **R. 165** 204
*Sinterung* von Zinn, Beeinflussung der, *Friemel*, *Knacke* u. a. **R. 165**, 203
*Sojabohnen*, Extraktion mit verschiedenen Lösungsmitteln, *Othmer* u. *Jaatinen*. **R. 167**, 89
*Sole*, Oberflächenpotential und Gelbildungsgeschwindigkeit in thixotropen, *Packter*. **R. 166**, 177
— von Eisen(III)-Hydroxyd, Bewegung der Grenzschicht von — gegenüber KCl-Lösungen im elektrischen Feld. *Bhatnagar* u. *Bhattacharya*. **R. 166**, 176
— von Gold, katalytische Zersetzung von $H_2O_2$ durch, *Tamura*, *Tarama* u. a. **R. 166**, 67
— von Lanthanoxyd, Koagulationsgeschwindigkeit und elektrokinetisches Potential von, *Gosh* u. *De*. **R. 166**, 177
— von Metalljodaten, Untersuchung monodisperser Hydro-—, *Herak*, *Kratohvil* u. a. **R. 766**, 177
— von Silber, Einfluß von Ultraschall auf Hydro-—, *Prakash* u. *Ghosh*. **R. 167**, 153
— von Uranil-Ferrocyanid, Koagulation und elektrokinetisches Potential der, *Ghosh* u. *De*. **R. 166**, 177
— von Vanadinpentoxyd, Einfluß von Ultraschall auf, *Prakash* u. *Pandey*. **O. 167**, 39
*Solubilisation*, Gesetzmäßigkeiten bei mizellarer, *Mankowich*. **R. 166**, 76
*Sorption*, Oxydation und Passivität, *Hackerman*. **R. 165**, 204
*Sorptionsuntersuchungen*, registrierende Apparatur für kinetische, *Rosen*. **R. 166**, 92
*Spurenelemente*, dynamische Aspekte einer Methode der Kinetik der, *Bergner*. **R. 167**, 70
*Stärke*, Salzeinfluß auf die Spaltung der Granülen, *Winter* u. *Loiselle*. **R. 165**, 191
—, Struktur, *Heyn*. **R. 166**, 181
*Stäube*, Rauche, Nebel (Teilchenwolken), *Green* u. *Lane*. **B. 166**, 63
*Stickstoff*, Mikrobestimmung von, *Fels* u. *Veatch*. **R. 165**, 196
*Stochastischer Prozeß*, Bruch, Ermüdung und Geschmeidigkeit von Stoffen als, *Yokobori*. **O. 166**, 20
*Stoßwellen*, chemische Reaktionen in, *Greene* u. *Toennies*. **B. 167**, 148
*Streulichtintensität* großer sphärischer Partikel, *Walter*. **R. 167**, 66
*Strömungsströme* in nichtwäßrigen Lösungen, *Rutgers*, *DeSmet* u. a. **R. 167**, 153
*Subkörner* im Aluminium, *Altenpohl*. **R. 165**, 203
*Sulfhydrylgruppen*, Bedeutung für die enzymatische Aktivität, *Pfleiderer*, *Jeckel* u. a. **R. 167**, 73
*Suspensionen*, Flockungsmessung bei, *Whitmore*. **R. 166**, 93
— von kugelförmigen Teilchen mit Schale, Impedanz von, *Pauly* u. *Schwan*. **R. 165**, 178
*Synärese* von *Myofibrillen*, Einfluß von Pyridoxalphosphat auf die, *Kaldor* u. *Gergely*. **R. 167**, 77
*System* $CCl_4$-Perfluormethylcyclohexan, *Schmidt*, *Jura* u. a. **R. 166**, 89
*Systeme* mit $Li_2O$, 3., *Sastry* u. *Hummel*. **R. 165**, 186

*Tabakmosaikvirus*, Konfiguration der Peptiduntereinheit im Protein des, *Anderer*. **R. 166**, 179
—, Lichtstreuung, *McLaren* u. *Takahashi*. **R. 166**, 83
—, Molekulargewicht der Peptideinheit im Protein des, *Anderer*. **R. 167**, 80
—, Phosphorgehalt, *Knight* u. *Woody*. **R. 165**, 192
—, serologische Strukturuntersuchungen von, *Aach*. **R. 166**, 72
*Taka-Amylase A*, Rotationsdispersion von nativer und denaturierter, *Maeda* u. *Oikawa*. **R. 166**, 180
*Talk*, Einfluß von Trockenvermahlung auf, *Takahashi*. **R. 166**, 191

*Teflon*, dielektrische Messungen an, *Krum.* **O. 165**, 77
—, Röntgenuntersuchungen an, *Kilian.* **O. 165**, 82
—, Temperaturabhängigkeit des mechanischen Verlustfaktors von, *Iller* u. *Jenckel.* **O. 165**, 84
*Teilchengröße*, Bestimmung von — und Konzentration aus spektrophotometrischer Durchlässigkeit, *Bateman, Weneck* u. a. **R. 167**, 154
*Teilchengrößenverteilung*, Zeitabhängigkeit der — während Koaleszenz, Dispergierung und Emulgierung durch Ultraschall, *Rajagopal.* **O. 167**, 17
*Terephthalsäure*, Oligoester der — mit Glykol, *Zahn* u. *Seidel.* **R. 166**, 70
*Terylen*, Kristallisation von, *Arnold.* **O. 165**, 35
*Textilfasern*, Kraft-Dehnungsverhalten von, *Holden.* **R. 165**, 200
*Textilien*, Verwendung von Trichloräthylen bei der kontinuierlichen Reinigung und Bleichung von, *White, Ross* u. a. **R. 167**, 158
*Thermodynamik*, Anwendung auf biochemische Probleme. 1. u. 2., *Leijnse.* **R. 166**, 65
— u. statistische Thermodynamik, *Aaston* u. *Fritz.* **B. 166**, 165
*Thermoplaste*, Messung der „Formbeständigkeit in der Wärme", *Gohl.* **R. 167**, 154
*Thixotrope Materialien*, Zusammenbruch von, *Dahlgren.* **B. 165**, 173
*Thrombin*, aktives Zentrum in, *Ronwin.* **R. 167**, 88
*Titandioxyd*, Thermochemie des kolloiden, *Sullivan* u. *Cole.* **R. 165**, 186
*Titrationskurven*, kolloidchemische Betrachtung von, *Miura* u. *Nagakane.* **R. 166**, 67
*Tone*, Ionenkonzentration auf der Oberfläche von, *Taylor.* **R. 166**, 192
—, plastisches Verhalten einiger keramischer, *West* u. *Lawrence.* **R. 166**, 192
—, Sedimentvolumen bei Gegenwart von Cetyl-Trimethylammoniumbromid, *Adhikari.* **R. 166**, 190
*Tonerde-Zemente*, Einfluß von Hitzebehandlung auf die Konstitution von, *Schneider.* **R. 166**, 191
*Tricalciumsilikat*, Hydratation von — bei Raumtemperatur in der Kugelmühle, *Kantro, Brunauer* u. a. **R. 167**, 158
*Tridymit*, Oberfläche von, *Wheatley.* **R. 165**, 185
*Tropfen*, Erzeugung kleinster, *Ullrich.* **R. 166**, 168
*Trypsin*, aktives Zentrum in, *Ronwin.* **R. 167**, 88
—, Cysteinsäurepeptide aus —-Hydrolysat, *Keil* u. *Sorm.* **R. 167**, 85
—, Einfluß chemischer Veränderungen auf die Reaktion mit Formaldehyd, *Riordan* u. *Bier.* **R. 167**, 74
—, Hydrolyse von ε-Aminocaproylverbindungen durch, *Ebata* u. *Moritz.* **R. 166**, 172
—, Wechselwirkung mit wärmedenaturiertem Albumin, *Sedláček.* **R. 167**, 90
*Trypsin-Inhibitoren*, Isolierung aus Hülsenfrüchten, *Mansfeld, Ziegelhöffer* u. a. **R. 166**, 74
*Trypsinogen*, Spaltung von Disulfidbindungen in, *Pechère, Dixon* u. a. **R. 167**, 82

*Übergangsschichten*, Thermodynamik der — an Phasengrenzen fest/flüssig, *Imre.* **O. 166**, 122
*Ultrarotabsorptionsschreiber*, schnellanzeigender, *Bruck, Haas* u. a. **R. 166**, 92
*Ultrarot-Absorptionsspektren, Hershenson.* **B. 166**, 64
*Ultraschallwellen*, Absorption und Dispersion von, *Herzfeld* u. *Litovitz.* **B. 167**, 66
*Ultrazentrifuge*, Gaskonvektion in der, *Martin.* **R. 166**, 186
—, Theorie des Übergangszustandes in der, *Nazarian.* **R. 167**, 68
*Ultrazentrifugierung*, Bestimmung der optischen Dichte innerhalb rotierender Zellen, *Robkin, Meselson* u. a. **R. 166**, 186
*Ultrazentrifugierung*, gleichzeitige Durchführung von 2 Experimenten, *Bon.* **R. 166**, 93
—, Molekulargewicht von Makromolekeln durch, *Gehatia.* **R. 166**, 91
— in der Biochemie, *Schachman.* **B. 166**, 64
— von Metallionen in basischer Lösung, *Johnson* u. *Kraus.* **R. 166**, 168
*Umlaufhomogenisierung*, *Berg.* **R. 165**, 206
*Urease*, Aktivität in Sojabohnenmehl, *Schramm* u. *Aines.* **R. 165**, 196
—, Einflüsse von γ-Strahlung auf, *Tanaka, Hatano* u. a. **R. 166**, 172

*Vektorrechnung*, Einführung für Naturwissenschaftler und Chemiker, *Sirk.* **B. 165**, 174
*Verteilungskoeffizienten*, Gas-flüssig-— für dünne Flüssigkeitsschichten auf polaren Trägern, *Wolf* u. *Ternow.* **O. 166**, 38
*Verteilungsverfahren*, Formeln für multiplikative, *Börsch-Supan.* **R. 165**, 181
*Viren*, spektralphotometrische Bestimmung des Nukleinsäuregehaltes pflanzlicher, *Paul.* **R. 167**, 95
*Virus* der Maul- und Klauenseuche, Fraktionierung, *Brown* u. *Cartwright.* **R. 167**, 151
*Visko-elastische Daten*, Näherungsgleichungen für die Behandlung von, *Ninomiya* u. *Ferry.* **R. 165**, 182
*Viskoelastisches Fließverhalten* in dimensionsanalytischer Behandlung, *Wisseroth.* **O. 166**, 10
*Viskose*, Gleichgewicht und Kinetik des Wasseraustausches zwischen — und Detergens-Mizellen in einem Kohlenwasserstoff-Medium, *Hirschhorn* u. *Mathews.* **R. 167**, 158
*Viskosefasern*, Veränderungen durch Einwirkung von Wasser und Wasserdampf. 1. u. 2., *Rexroth.* **R. 165**, 199; **R. 166**, 189
*Viskosität* flüssiger Mischungen, *Reed* u. *Tsylor.* **R. 165**, 183
— konzentrierter wäßriger Natriumchloridlösungen, *Suryanarayana* u. *Venkatesan.* **R. 165**, 184
— makromolekularer und kolloider Lösungen, Konzentrations- und Temperaturabhängigkeit der, *Andrussow.* **O. 166**, 135
— übersättigter Lösungen von Ionenkristallen, *Rao.* **R. 166**, 169
*Viskositätsmessungen* an Gußeisen, *Königer.* **R. 165**, 203
— am System Pigment/Bindemittel, *Weber.* **R. 165**, 205
*Vitalfärbung*, gegenwärtige Bedeutung der, *Wittekind.* **R. 167**, 72
*Volumen*, Methoden zur Bestimmung des partiellen spezifischen — in kleinen Flüssigkeitsmengen, *Stauff* u. *Rümmler.* **O. 166**, 152
*Vulkanisation*, Bestimmung von freiem Schwefel in Beschleunigern, *Hively* u. *Wadelin.* **R. 167**, 155
— in Gegenwart von 2-Mercaptobenzothiazol, Mechanismus der, *Dogadkin, Tutorskii* u. a. **R. 165**, 198

*Wachse*, Klassifikation der, *Gieser.* **R. 165**, 192
*Wachstumshormone* aus Hypophysen, N-terminale Aminosäuren der, *Parcells* u. *Li.* **R. 165**, 188
*Waschmittel*, kationische Gruppe in sulfatierten, *Kashiwagi.* **R. 165**, 206
— aus Oxo-Ätheralkoholen, *Bartlett, Kirshenbaum* u. a. **R. 166**, 192
*Waschprozeß*, Adsorption des Detergens auf Faser und Anschmutzung, *Jayson.* **R. 167**, 76
—, Rolle des Polyphosphates im, *Jayson.* **R. 167**, 76
*Wasserfarbenanstriche*, Veränderung durch Bakterien, *Ross* u. *Buckman.* **R. 167**, 96
*Widerstand* in Wasserstoff enthaltendem Palladium und Palladiumlegierungen, *Carson, Flanagan* u. a. **R. 167**, 69
*Wolle*, Abbau von — und Haar durch Papain, *Holmes.* **R. 167**, 157

*Wolle*, Beeinflussung der Farbstoffaufnahme in die Fasern von, *Medley* u. *Andrews*. **R. 166**, 190
—, Reaktion mit Natrium-hydroxyd, *McPhee*. **R. 166**, 188
—, Untersuchung der Dehnung des Garns beim Aufwickeln, *Rae*. **R. 167**, 157
*Wuchs-* und *Hemmstoffe*, Wirksamkeit verschiedener — in Lanolinpasten, *Linser* u. *Kiermayer*. **R. 167**, 71

*Xanthin-Oxydase*, Elektronenspin-Resonanz von — in Lösungen, *Bray*, *Malmström*, *Vänngård*. **R. 166**, 179

*Z* s. auch C
*Zähe Medien*, Analogiestudie des Durchflusses von, *Shearer*. **R. 166**, 190
*Zellen*, Vitalitätsprüfung an — aus Früchten, *Enöckl* **R. 167**, 152
—, zellphysiologische Betrachtungen an Blasen-— einiger Rotalgen, *Biebl*. **R. 167**, 152
*Zellkern* und Nukleolen, submikroskopische Fibrillenstruktur von, *Bopp-Hassenkamp*. **R. 166**, 72
*Zellkomponenten*, Studien an isolierten, *Anderson*, *Canning* u. a. **R. 166**, 73
*Zellkulturen*, Änderungen der Zellproteine und Nukleinsäuren während des Wachstums von, *Salzman*. **R. 166**, 174
*Zellpermeabilität*, Problem der, *Troschin*. **B. 166**, 60
*Zellulose*, Aufnahme von Formaldehyd auf wäßrigen Lösungen durch, *Roff*. **R. 167**, 158
—, Chemie des Holzes und der, *Sergejewa*. **B. 167**, 63
—, Dehnungsabhängigkeit der Spannungsrelaxation von —-fäden von, *Passaglia* u. *Koppehele*. **R. 167**, 89
—, Dichteänderungen bei mit Harnstoff-Formaldehyd behandelter, *Steele* u. *Schiwall*. **R. 165**, 188
*Zellulose*, Einfluß des Polymerisationsgrades auf die Eigenschaften molekular-homogener Einzelfäden von, *Cumberbirch* u. *Harland*. **R. 166**, 188
—, Lösungswärme methanolisierter, *Tsuda*. **R. 166**, 181
—, Reaktionsvermögen bei Nitrierung, *Yin* u. *Brown*. **R. 165**, 194
—, Röntgen-Untersuchung des Abseifens angefärbter, *Warwicker*. **R. 167**, 158
— und Stärke, Fortschritte in der Chemie von, *Honeyman*. **B. 167**, 63
—, *Chemiefasern*, Donnan-Gleichgewicht und Haftung von Säure an, *Ant-Wuorinen* u. *Visapää*. **R. 166**, 81
—, *Chemiefasern*, Färbung von Schnitten von Regenerat-—, *Kato*. **R. 166**, 188
—, *Chemiefasern*, mechanische Eigenschaften von, *Sulejmenova* u. *Kargin*. **R. 165**, 200
—, *Chemiefasern*, Röntgenkleinwinkel-Streuvermögen von, *Hermans*, *Heikeens* u. a. **R. 166**, 78
—, Sorptionswärmen von, *Cooper* u. *Ashpole*. **R. 165**, 198
*Zelluloseglykolsaures Natrium*, Aufnahme durch Textilfasern, *Hensley* u. *Inks*. **R. 166**, 175
*Zellulosetriacetat*, Analyse von Fasermischungen mit —, *Armfield*. **R. 165**, 196
*Zellwände* von Kork, Mischkörperdoppelbrechung der, *Sitte*. **R. 167**, 72
*Zentrifugieren*, *Flood*. **R. 165**, 196
*Zeta-Potentiale*, Beziehung zur Rheologie von Oxydschichten, *Anderson* u. *Murray*. **R. 165**, 202
*Zonenelektrophorese*, Verhalten von Boratpuffer bei der, *Havez* u. *Biserte*. **R. 166**, 184
*Zwischenmolekulare Kräfte*, Nullpunktsenergie, *Whalley*. **R. 165**, 180
— in Vielkomponentensystemen, *Mashiko*. **R. 165**, 186

Für die Schriftleitung verantwortlich: Für Originalarbeiten Prof. Dr. F. H. Müller, Marburg/Lahn und für Referate und Berichte Dr. E. Ühlein, Frankfurt/M.
Anzeigenverwaltung: Dr. Karl Niedermeyer, Frankfurt a. M.-West, Georg-Speyer-Straße 76
Verlag von Dr. Dietrich Steinkopff, Darmstadt, Holzhofallee 35
Satz und Druck: Universitätsdruckerei Mainz GmbH

Das Stichwort

**Einführung**

kennzeichnet einen Typ wissenschaftlicher Literatur, der dazu dienen will, dem vielbeschäftigten Wissenschaftler auf knappem Raum eine brauchbare Übersicht über neue wissenschaftliche Erkenntnisse und Probleme zu vermitteln. Dieser Typ ist auch für die Nachkriegsproduktion unseres Verlages typisch geworden:

● **Einführung in die Ultrarotspektroskopie**

Von Dr. W. Brügel - Ludwigshafen

*(Wiss. Forschg. Ber., Bd. 62)*

**2. Auflage. XII, 404 Seiten mit 166 Abb. 1957. Brosch. DM 49,—, Ganzln. DM 52,—**

● **Einführung in die Mikrowellenphysik**

Von Prof. Dr. G. Klages - Mainz

*(Wiss. Forschg. Ber., Bd. 64)*

**XII, 279 Seiten mit 135 Abb. 1956. Brosch. DM 29,—, Ganzln. DM 31,—**

● **Einführung in die Halbleiterphysik**

Von Prof. Dr. H. A. Müser - Frankfurt am Main

*(Wiss. Forschg. Ber., Bd. 68)*

**Etwa XII, 240 Seiten mit 35 Abb. 1959. Brosch. ca. DM 33,—, Ganzln. ca. DM 35,—**

● **Einführung in die Vektorrechnung**

Von Prof. Dr. H. Sirk - Wien

**VIII, 128 Seiten mit 60 Abb. 1957. Ganzln. DM 16,—**

● **Einführung in die Stöchiometrie**

Von Prof. Dr. P. Nylén - Stockholm und N. Wigren - Linköping

**7. Auflage. XII, 218 Seiten. 1958. Kart. DM 12,—**

**DARMSTADT**
**DR. DIETRICH STEINKOPFF VERLAG**

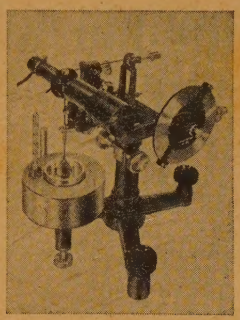
*Gesucht werden:*

**Kolloid-Zeitschrift**
Bände 16, 79, 81, 82, 86, 89-95, 99, 100, 109,
135 (evtl. nur Heft 1),
140 (evtl. nur Heft 2-3)

**Kolloid-Beihefte**
Bände 7, 51-54

Angebote erbeten an:

**Dr. Dietrich Steinkopff Verlag**
Darmstadt · Holzhofallee 35



KRÜSS

**Mikro-Photometer**
**Monochromatoren**
**Spektrographen**
**Spektroskope**
**Kolorimeter**
**Tensiometer**
**Photometer**

**A. KRÜSS**
**HAMBURG 39**
**Gertigstraße 31**

**Interfacial Tensiometer nach Lecomte du Noüy zum Messen der Oberflächen- und Grenzflächenspannungen von Flüssigkeiten**

**Marburger Diskussionstagungen**

Herausgegeben von
Prof. Dr. F. H. Müller - Marburg/Lahn

**Band 1: Fester Zustand der hochpolymeren Substanzen**

1. Diskussionstagung gehalten zu Marburg vom 16.-17. 5. 1950 *(Sonderausgabe aus Kolloid-Zeitschrift, Band 120)*
IV, 198 Seiten mit 162 Abb. 1951. Vergriffen

**Band 2: Das Relaxationsverhalten der Materie**

2. Diskussionstagung gehalten zu Marburg vom 2.-4. 10. 1953 *(Sonderausgabe aus Kolloid-Zeitschrift, Band 134)*
IV, 224 Seiten mit 122 Abb. 1953. Kart. DM 24,—

**Band 3: Abhängigkeit der Eigenschaften Hochpolymerer von der Vorgeschichte des Materials**

3. Diskussionstagung gehalten zu Bad Nauheim vom 22.-23. 4. 1958 *(Sonderausgabe aus Kolloid-Zeitschrift, Band 165)*
IV, 142 Seiten mit 149 Abbildungen. 1959. Kart. DM 20,—

**Dr. Dietrich Steinkopff Verlag Darmstadt**

8 Febiger

## Mitarbeiter-Bedingungen:

Manuskripte von **Originalbeiträgen** und **wissenschaftlichen Kurzberichten** sind zu senden an:
Prof. Dr. F. H. Müller, Marburg/Lahn, Georg-Voigt-Str. 1 oder
Prof. Dr. J. Stauff, Bad Soden (Taunus), Waldstr. 25a.
**Berichte, Sammelreferate** und **Referate** an:
Dr. E. Ühlein, Frankfurt a. M.-Niederrad, Kandelstr. 4.
**Patentberichte** an:
Prof. Dr. Dr. J. Reitstötter, München 15, Pettenkoferstr. 21.
**Rezensionsexemplare** und **sonstige redaktionelle und geschäftliche Mitteilungen** an:
Dr. Dietrich Steinkopff Verlag, Darmstadt, Holzhofallee 35.

Der Eingang der Manuskripte wird umgehend bestätigt. Ihr Inhalt muß — außer im Fall der Berichte — unveröffentlicht sein. Die Verantwortung für den Inhalt tragen die Autoren selbst.
Eine Honorierung findet nicht statt, außer bei angeforderten Sammelreferaten und Tagungsberichten.
75 Sonderdrucke erhalten die Autoren frei, weitere Exemplare auf ausdrücklichen Wunsch gegen Berechnung.
Die Manuskripte müssen leserlich und einseitig mit Schreibmaschine in deutscher, englischer oder französischer Sprache abgefaßt sein. In Fällen, bei denen zur Vermeidung langer Korrekturfristen (Übersee) die Korrektur von der Redaktion erledigt werden soll, ist zweckmäßigerweise das Manuskript im Doppel einzusenden. Eine kurze Zusammenfassung ist anzufügen. Abbildungen sind mit Legenden zu versehen und als klischierfähige Zeichnungen einzureichen, in denen die Beschriftung mit weichem Bleistift eingetragen ist. Formeln bitte deutlich schreiben, insbesondere griechische Buchstaben und Indices. Die Zahl der Abbildungen und Tabellen ist auf das unbedingt Notwendige zu beschränken.
Nicht diesen Bedingungen entsprechende Manuskripte werden zurückgesandt.
Für Literaturangaben gelten die üblichen Regeln. Literaturverzeichnis ist am Schluß zusammenzufassen.
Wissenschaftliche Kurzberichte (Umfang bis zu 2 Schreibmaschinenseiten) erscheinen im allgemeinen innerhalb eines Monats.
Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung der in dieser Zeitschrift erscheinenden Originalarbeiten während der gesetzlichen Frist vor. Mit der Übergabe des Manuskripts überträgt der Verfasser dem Verlag auch das Recht, die Herstellung von photomechanischen Vervielfältigungen seines Beitrages oder eines Teiles desselben nach Maßgabe des zwischen dem Börsenverein des Deutschen Buchhandels und dem Bundesverband der Deutschen Industrie abgeschlossenen Rahmenabkommens vom 14. 6. 1958 zu genehmigen. Diese Genehmigung bezieht sich nur auf die Herstellung von photomechanischen Vervielfältigungen in gewerblichen Unternehmen zum innerbetrieblichen Gebrauch. Das Abkommen sieht vor, daß 50% des Reinerlöses zu Gunsten eines Urheberfonds verbucht werden.
Die Kosten für nachträgliche Autorenkorrekturen erreichen häufig ein für den Verlag untragbares Maß. Autorenkorrekturen-Kosten können daher nur bis zu einem Betrag von 10% der gesamten Satzkosten vom Verlag getragen werden. Darüber hinaus entstehende Autorenkorrekturen werden dem Autor in Rechnung gestellt.

## Geschäftliche Bedingungen:

Die Kolloid-Zeitschrift erscheint monatlich in 1 Heft zu 96 Druckseiten, 2 Hefte bilden einen Band. Preis des Bandes DM 24,—. Jährlich erscheinen 6 Bände. Die Mitglieder der Kolloid-Gesellschaft erhalten die Kolloid-Zeitschrift zum Vorzugspreis mit 20% Ermäßigung. Die Zeitschrift wird automatisch zur Fortsetzung weiter geliefert, sofern nicht vier Wochen vor Schluß des Berechnungszeitraumes eine Abbestellung vorliegt. Die Zeitschrift ist durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes sowie durch den Verlag zu beziehen. Für jedes Photokopierblatt eines Beitrages oder Beitragsteiles aus dieser Zeitschrift ist eine Wertmarke von DM —,30 zu verwenden. Diese Wertmarken sind bei der Inkassostelle für Photokopiergebühren beim Börsenverein des Deutschen Buchhandels e. V., Frankfurt a. M., erhältlich. — Alle geschäftlichen Mitteilungen werden an den **Dr. Dietrich Steinkopff Verlag, Darmstadt, Holzhofallee 35,** Telefon 70966, erbeten. Schriftverkehr betr. Anzeigen ist direkt mit der **Anzeigenverwaltung Dr. Karl Niedermeyer, Frankfurt a. M.-West,** Georg-Speyer-Straße 76, Fernruf 775036 (Postscheckkonto Frankfurt a. M. 19383) zu führen.

Zahlungen für den Dr. Dietrich Steinkopff Verlag, Darmstadt, können auf nachstehende Konten geleistet werden:
Postscheckkonto Frankfurt/M. Nr. 95697, Deutsche Bank Darmstadt Nr. 46626

Abkürzung des Titels dieser Zeitschrift für Literaturnachweise: Kolloid-Z.

Printed in Germany